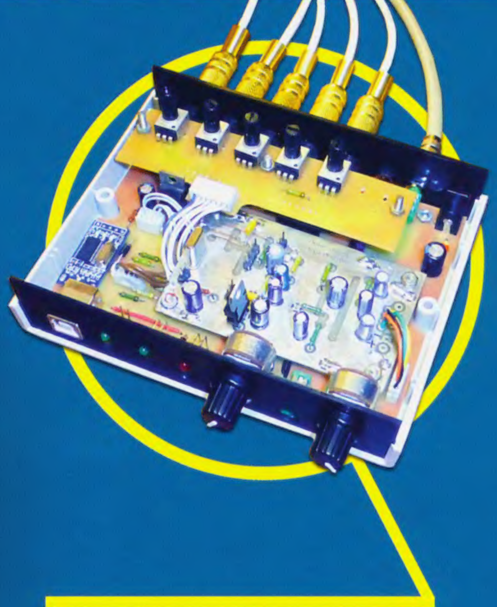
www.radio.ru

9 • 2018

РАДИО

АУДИО • ВИДЕО • СВЯЗЬ • ЭЛЕКТРОНИКА • КОМПЬЮТЕРЫ





Звуковой модуль для электронных барабанов



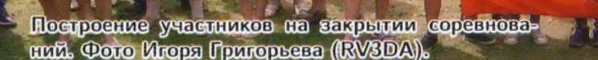
- Электроприборами управляет Facebook
- ЗУ для батареи типоразмера 6F22
- Измеритель освещённости
- Рисует Arduino Uno

...и ещё 15 конструкций

9
2018

В Дресвищи за медалями

Игорь ГРИГОРЬЕВ (RV3DA), д. Дресвищи, Нижегородская обл. — г. Коломна, Московская обл.



Построение участников на закрытии соревнований. Фото Игоря Григорьева (RV3DA).



Радиосвязи проводит молодёжная команда Москвы. Слева—направо: судья при команде Олег Стрибный (RD1A), Президент СРР Игорь Григорьев (RV3DA) (стоит), спортсмены Матвей Лобачёв (UB3AQA) и Даниил Смирнов (R5CA). Фото Льва Солдатова (R3TIG).

С 19-го по 22 июля 2018 г. в Сокольском районе Нижегородской области состоялись чемпионат и первенство России по радиоспорту (радиосвязь на КВ-смесь).

В чемпионате России приняли участие десять радиостанций с двумя операторами и 12 радиостанций с одним оператором из 18 субъектов Российской Федерации, представляющих шесть федеральных округов. Среди участников — два заслуженных мастера спорта, восемь мастеров спорта международного класса и 13 мастеров спорта.

В первенстве России приняли участие шесть радиостанций с двумя операторами из пяти субъектов Российской Федерации, представляющих три федеральных округа. Среди участников — восемь кандидатов в мастера спорта и три перворазрядника.

Победу в чемпионате России в группе радиостанций с двумя операторами одержали спортсмены из Подмосковья Андрей Меланьин (UA3DPX) и Игорь Корольков (UA4FER), на вторую ступень пьедестала почёта поднялись Руслан Владимиров (UA4Z) и Юрий Хмеленко (RL3FT), представляющие Республику Чувашию, на третьем месте — ростовчане Георгий Теньшов (RQ7M) и Владимир Бессонов (RL4F).

В группе радиостанций с одним оператором победил Максим Шуманов (RA1AL) из Санкт-Петербурга, на втором и третьем местах — Михаил Набокин (R9GM), Пермский край и Василий Козеродов (RW4NW) из Кировской области.

Москвичи Даниил Смирнов (R5CA) и Матвей Лобачёв (UA3AQA) — первые в первенстве России. Молодёжная команда Оренбургской области — Артём Артюшкин (RU8T) и Леонид Иванов (UB8SDV) — вторые. Новосибирцы Алексей Полевик (RA9P) и Егор Морозов (UD9P) заняли третье место.

Участники чемпионата и первенства России проводили радиосвязи не только между собой, но и с участниками всероссийских соревнований, соревнований СРР, а также соревнований болгарских радиолюбителей BRTC, проводившихся по положению, сходному с российским чемпионатом.

(см. статью на с. 49)



Главный секретарь соревнований (слева на переднем плане) Андрей Нехорошев (RV9WB) принимает документы спортсменов на мандатной комиссии. Фото Олега Боярского (UA4NIA).



На пьедестале почёта победители и призёры чемпионата России в категории радиостанций с двумя участниками. Слева—направо: Президент СРР Игорь Григорьев (RV3DA), представитель команды RW3O, судья Алексей Стрелков (R4FD), третьи призёры чемпионата Владимир Бессонов (RL4F) и Георгий Теньшов (RQ7M), чемпионы России 2018 г. Игорь Корольков (UA4FER) и Андрей Меланьин (UA3DPX), судья Павел Богачёв (RK4FD), второй призёр чемпионата Руслан Владимиров (UA4Z), судьи Алексей Леунов (UA4H) и Николай Гончаров (RA3TT). Фото Владимира Рябова (RA4LW).

ЦИФРОВЫЕ RLC-МЕТРЫ



www.aktakom.ru

Контроль тестового уровня



АММ-3044/3046

Эконом-класс

ЦЕНЫ СНИЖЕНЫ

АММ-3148

USB; LAN; RS-232; Автоматический сортировщик



АМ-3026

Графический анализ кривых резонанса



АМ-3028

Встроенный источник смещения



АММ-3068/3078/3088

Анализ трансформаторов

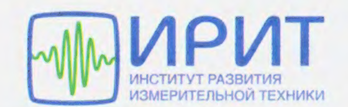


АММ-3038/3048/3058

Параметры	АММ-3148	АММ-3044/3046	АММ-3038/3048/3058	АММ-3068/3078/3088	АМ-3028	АМ-3026
Точность	0,1 %	0,05 %	0,05 %		0,05 %	0,1 %
Тестовая частота (макс.)	100 кГц	200 кГц	300 кГц/ 500 кГц/ 1 МГц		1 МГц	5 МГц
ЖК-дисплей	5 разрядов	6 разрядов TFT	6 разрядов TFT (480×272)	6 разрядов TFT (800×480)	6 разрядов (320×240)	5 разрядов (320×240)
Ёмкость	0,001 пФ…10 мФ	0,00001 пФ…10 Ф				0,00001 пФ…10 Ф
Индуктивность	0,001 мкГн…100 кГн	0,01 нГн…100 кГн				0,1 нГн…10 кГн
Сопротивление	0,0001 Ом…100 МОм	0,01 мОм…100 МОм				0,1 Ом…100 МОм



Параметры	АМ-3055	АММ-3031	АММ-3035	АММ-3320	АМ-3123/АМ-3125
Точность	1,2 %	0,1 %	0,5 %	0,3 %	0,25 %
Тестовая частота (макс.)	3 Гц	2,2 Гц	100 кГц	100 кГц	10 кГц (АМ-3123) 100 кГц (АМ-3125)
ЖК-дисплей	3 ½ разряда; однострочный	4 5/6 разрядов; однострочный	4 ½ разряда; двухстрочный	4 ½ разряда; двухстрочный	5 разрядов; двухстрочный
Схемы измерения	2-х проводная	2-х проводная	4-х, 5-ти проводная	2-х проводная	3-х, 5-ти проводная
Ёмкость	1 пФ…60 мФ	10 пФ…4 мФ	0,01 пФ…20 мФ	200 пФ/…/20 мФ	0,01 пФ/0,001 пФ…20 мФ
Индуктивность	–	0,1 мкГн…6 Гн	0,001 мкГн…20 кГн	20 мкГн/…/20 кГн	0,01 мкГн/0,001 мкГн…1 кГн
Сопротивление	0,1 Ом…60 МОм	0,1 Ом…60 МОм	0,001 Ом…200 МОм	20 Ом/…/2 МОм	0,1 Ом…10 МОм



«ИРИТ»: Москва, 115211,
Каширское шоссе, дом 57, корпус 5
Телефон/факс: (495) 344-97-65,
Телефон: (495) 781-79-97, E-mail: irit@irit.ru



БОЛЬШЕ ИНФОРМАЦИИ НА

www.irit.ru

В НОМЕРЕ:

На нашей обложке. Электронные барабаны (см. статью на с. 30).

ЧИТАЙТЕ В СЛЕДУЮЩЕМ НОМЕРЕ:

ГЕНЕРАТОР ИМПУЛЬСОВ НА ARDUINO
АНАЛИЗАТОР СПЕКТРА ЗЧ-СИГНАЛА
СВЕТИЛЬНИК С ЁМКОСТНЫМ РЕЛЕ
"ПИШУЩАЯ МАШИНКА" НА ARDUINO UNO

Тираж журнала «Радио» № 8 сдан для рассылки подписчикам 02.08.2018 г.



"Radio" is monthly publication on audio, video, computers, home electronics and telecommunication

УЧРЕДИТЕЛЬ И ИЗДАТЕЛЬ: ЗАО «ЖУРНАЛ «РАДИО»

Зарегистрирован Министерством печати и информации РФ 01 июля 1992 г.
Регистрационный ПИ № ФС77-50754

Адрес редакции: 107045, Москва, Селивёрстов пер., 10, стр. 1
Тел.: (495) 607-31-18. Факс: (495) 608-77-13
E-mail: **ref@radio.ru**
Группа работы с письмами — (495) 607-08-48
Отдел рекламы — (495) 607-31-18; e-mail: **advert@radio.ru**
Распространение — (495) 608-81-79; e-mail: **sale@radio.ru**
Подписка и продажа — (495) 607-77-28
Бухгалтерия — (495) 607-87-39

Наши платёжные реквизиты:
получатель — ЗАО "Журнал "Радио", ИНН 7708023424,
р/сч. 40702810438090103159
Банк получателя — ПАО Сбербанк г. Москва
корр. счёт 30101810400000000225 БИК 044525225

Подписано к печати 17.08.2018 г. Формат 60×84 1/8. Печать офсетная.
Объём 8 физ. печ. л., 4 бум. л., 10,5 уч.-изд. л.
В розницу — цена договорная.

Подписной индекс:
по каталогу «Роспечати» — 70772;
по Объединённому каталогу «Пресса России» — 89032;
по каталогу Российской прессы ПОЧТА РОССИИ — 61972.

Отпечатано в АО «ПОЛИГРАФИЧЕСКИЙ КОМПЛЕКС «ЭКСТРА М», 143400, Московская обл., Красногорский р-н, а/м «Балтия», 23 км.
Зак. 18-08-00169 от 14.08.18 г.

Как использовать Интернет нановещей

А. ГОЛЫШКО, канд. техн. наук, г. Москва

"Мир настолько прост, что в это очень сложно поверить".

(Из государственного архива гениальных мыслей)

На наших глазах Интернет нановещей (IoNT) уже выходит из концептуальной стадии развития и становится предметом исследовательской деятельности во многих лабораториях мира. Эти исследования идут широким фронтом от создания саморегулирующихся наносетей и их наноэлементов до реальных приложений в самых разных областях жизнедеятельности нашей цивилизации. Закономерно всё это поднимает и много нетехнических вопросов, главным из которых является, как всегда, — а куда, собственно, идём?

Сетевая архитектура

Во-первых, идём, собственно, к наносети, незаметно раскинувшейся в любом месте и в любом объекте. Во-вторых, наносети должны иметь выход на микро- и макроуровень, чтобы уметь передавать информацию венцу творения и обрабатывать созданные им различные IoNT-приложения. При этом независимо от областей применения, сети для IoNT будут состоять из набора следующих компонентов:

1. Наноузлы, которые представляют собой самые миниатюрные и простые наномашины. Они выполняют такие задачи, как вычисление и передача данных на небольшие расстояния. Обладают малой памятью. Наноузлами могут считаться, к примеру, биологические датчики, установленные в человеческом теле.

2. Наномаршрутизаторы, которые имеют большую вычислительную мощность по сравнению с наноузлами и действуют как агрегаторы информации, поступающей с наноузлов. Наномаршрутизаторы также играют решающую роль в управлении наноузлами с помощью передачи команд управления.

3. Устройства, реализующие интерфейс нано—микро, которые выполняют задачу агрегирования информации, поступающей с наномаршрутизаторов, и передают её на микроуровень и в обратную сторону. Они выступают в качестве гибридных устройств для связи в наномасштабе с использованием технологий наносвязи, а также с традиционными сетями связи, использующими классические сетевые протоколы.

4. Шлюзы, которые позволяют удалённо управлять наносетью через сеть Интернет. Например, с помощью шлюза все данные с датчиков человеческого тела могут быть доступны врачам по всей планете во всех местах, где есть Интернет.

Приложения IoNT

Что касается возможных приложений IoNT, то многое буквально лежит на поверхности. Прежде всего, это биомедицина, включающая в себя гибридные биоимплантаты, мониторинг уровня глюкозы, мониторинг сердца, патологию мозга, эпилепсии или депрессии, лекарства с нанооболочками для доставки к опухоли и её прицельного уничтожения. Специалисты уже научились сжимать сенсоры миллиметровых или микронных размеров до нанометровых, достаточно малых, чтобы они могли блуждать по телу живого человека (совсем как в фильме Спилберга "Внутреннее пространство") или напрямую замешиваться в строительные материалы (в частности, понимая, какую марку цемента применил застройщик и чем это грозит возводимому

объекту). Это важный первый шаг в направлении IoNT, который может вывести медицину, строительство и многие другие отрасли на совершенно новый уровень качества, точности, энергоэффективности, управления рисками и пр.

Более эффективный экологический мониторинг температуры, влажности и загрязнения воздуха в реальном времени с использованием нанодатчиков на железнодорожных станциях, автобусных остановках, в аэропортах, гостиницах, ресторанах и в других общественных местах, да и в самом транспорте.

Использование IoNT в сельском хозяйстве приведёт к разработке сельскохозяйственных приложений с мониторингом, помимо окружающей среды, роста посевов, роста сорняков, состояния полей, внесения удобрений в почву, распространения вредителей, использования пестицидов и инсектицидов, а также здоровья животных. Конечно, хорошо бы, чтобы из одного семечка вырастала, к примеру, не только свёкла, но и соответствующее абонентское устройство IoNT, занимающееся мониторингом корнеплода, но это вопрос к биотехнологии.

Не секрет, что оборонная сфера — также одна из приоритетных в IoNT. Помимо всего прочего, он будет использован для радиационной, биологической и химической защиты. В настоящее время государственные и межправительственные организации создают информационные системы управления чрезвычайными ситуациями. В частности, в Европейском союзе при выполнении проектов Osiris и Sany были разработаны стандарты и инструментальные средства для поддержки интероперабельности (способности взаимодействовать с другими продуктами или системами без каких-либо ограничений) сенсорных сетей и сенсорных веб-сервисов, что облегчает их использование в системах оповещения и реагирования на чрезвычайные ситуации. Дополнение данных программ достижениями IoNT — дело времени.

В целом создание и внедрение концепции IoT/IoNT обеспечит общество новыми, ранее недоступными услугами сетей связи по контролю и управлению за любыми объектами, вплоть до любой биомассы, включая человека, как в макромире, микромире, так и в наномире. Реализация данной концепции требует создания самоорганизующихся сетей, которые, в отличие от существующих инфраструктурных, имеют триллионную клиентскую базу и уже более подобны живому миру, нежели просто сетям связи. Это способствует внедрению в сетевую инфраструктуру биоподобных алгоритмов, т. е. алгоритмов, основанных на поведении колоний в живом мире, базирующихся на принципах роевого интеллекта (Swarm Intelligence, SI), которые оказались достаточно полезными для решения проблем маршрутизации в самоорганизующихся сетях. Используя SI, человечество в очередной раз попробует с помощью технологий приблизиться к повторению того, что давно создано природой. SI является одним из разделов области искусственного интеллекта (ИИ или Artificial Intelligence — AI) и состоит из нескольких групп алгоритмов, в число которых входят, например, муравьиные оптимизационные алгоритмы (Ant Colony Optimization, ACO), пчелиные оптимизационные алгоритмы (Artificial Bee Colony Algorithms) и светлячковые алгоритмы (Firefly Algorithms).

В последнее время появились и новые виды закономерностей, основанные на так называемых "полётах Леви" (Lévy flights), а именно: алгоритм атак акул, алгоритмы блуждающих альбатросов, шмелей и самцов оленей во время гона, алгоритм поиска питательных веществ бактериями кишечной палочки. Они уже используются или будут использоваться для самоорганизующихся сетей приложений IoT уже в ближайшее время.

Промышленные приложения IoNT теоретически не имеют пределов, но для начала будут использоваться в целях контроля качества продуктов и воды, а также для создания модифицированных материалов и тканей. Собственно, это часть будущих цифровых предприятий.

Финансовая сфера, увлечённая технологиями блокчейна, сможет однозначно дифференцировать настоящие и поддельные купюры, причём все настоящие будут нести в себе информацию о месте и времени их изготовления, и подтверждающая это информация будет храниться во всех банках мира.

Экологическая сфера собирается использовать IoNT в интересах контроля и интенсификации биологического разложения, управления животноводством и растениеводством, а также для контроля загрязнения воздуха. Миллионы нанопылинок смогут не только определить степень загрязнения, но и локализовать его источник. Со временем они (вернее, их разработчики) научатся и бороться с летающей грязью, а потом, возможно, возьмутся и за вирусы.

Всевозможные "облачные" технологии, их преимущества и проблемы в части загрузки сетей связи, сохранности персональных данных и кибербезопасности, могут претерпеть серьёзные изменения в связи с появлением наноЦОДов, которые каждый индивидуум сможет иметь всегда с собой точно так же, как он всегда носит свою голову на плечах. Возможно, при этом он даже сможет обойтись без USB-разъёма где-нибудь за ухом.

Создание smart-органов — это определённый сдвиг парадигмы в здравоохранении. К примеру, миниатюрные органы с возможностью анализа человеческого организма могут революционизировать медицинские исследования и позволят создать новые лекарства. Миниатюрные датчики будут исследовать наш организм в совершенно новом формате. Или же развитие тканевой инженерии может полностью изменить подход к диагностике и лечению кожи, сосудов, костей и различных органов человека, не говоря уже о протезировании. С помощью наноматериалов и нанодатчиков можно стимулировать рост клеток, контролировать 3D-печать новых органов, да и попадать внутрь тканей наномашины могут непосредственно в процессе 3D-печати. Наномашины и наносенсоры могут постоянно находиться в органах и обеспечивать невиданные ранее функции. К примеру, настоящий глаз может быть интегрирован с линзой, функционал которой может быть шире, чем у очков GoogleGlass. Где-то можно вовремя расширить кровоток, где-то восстановить костную ткань или слизистые оболочки, где-то восстановить нарушения нейронных связей. В связи со всем этим можно предсказать "смерть" многих болезней.

В целом с помощью IoNT можно создать в теле человека параллельную систему управления, и если его родная (т. е. врождённая) не может хорошо выполнять свои функции, её работу можно скорректировать. А ещё можно провести диагностику организма практически так же, как сегодня осуществляется компьютерная диагностика современных автомобилей. И для этого не нужно будет приглашать врача, достаточно будет "беспроводным образом" подключить к себе компьютер и воспользоваться соответствующими программами. Не исключено, что интерфейс для такого подключения наподобие Wi-Fi будет встроен во все компьютеры и смартфоны будущего.

Всепланетная сеть

Развивая дальше эти идеи, некоторые футурологи уже пришли к мысли о создании так называемого всепланетного нейронета путём объединения человеческих "мозгов" с помощью связки IoT/IoNT в глобальном масштабе. Сама идея довольно проста — поскольку возможности нынешнего Интернета весьма ограничены и не позволяют осуществлять непосредственную передачу из мозга в мозг жизненного опыта и переживаний (эмоций), следует поднять качество коммуникаций на совершенно новый уровень, который позволит резко повысить эффективность командной работы и открыть новые возможности в области обучения.

Пока для съёма сигналов с мозга используются электроды, но когда-нибудь их роль возьмёт на себя встроенный в человека фрагмент IoNT, имеющий выход в IoT. Будут разработаны коммуникационные протоколы, основанные на цифровых моделях психических процессов, и найдены подходы к организации "коллективного сознания", способного на "мозговые штурмы" и решения задач, требующих согласованных усилий многих людей.

Не секрет, что в современном мире множество проблем возникают вследствие того, что люди не могут договориться друг с другом о совместном использовании тех или иных ресурсов для решения хотя бы технических проблем (про политику речь не идёт). Посредством организации своего рода "коллективного разума" нейронет, вроде бы, поможет решить и эти проблемы. Собственно, он представляется "совершенствователям человечества" одним из сетевых фрагментов IoT. Только его узлами являются не смартфоны, планшеты и ноутбуки, а человеческие мозги, снабжённые инклюзивной или неинклю-



зивной электроникой. А быть может, и совсем даже не электроникой.

Впрочем, кажется, мы увлеклись и сильно углубились в будущее. Пару слов скажем и о нём.

Будущее IoNT

Отложим в сторону прогнозы объёма рынка и количества подключённых устройств. О первых говорить рано, пусть сначала покажет свою экономическую выгоду хотя бы "старший брат" — IoT. О последних же говорить бесполезно, потому что даже миллионы наноустройств могут находиться в достаточно ограниченном пространстве, и это ничего не докажет.

Что касается будущего, то, несомненно, IoNT ждёт в нём потрясающий успех. Что же касается пользователей в лице человечества, то для него там будут не только несомненные удобства, но и невиданные ранее риски. Взять хотя бы переход от умных нанодатчиков к IoNT. К примеру, трудно интегрировать все необходимые компоненты в автономное наноустройство, которое будет регистрировать какое-либо изменение и передавать сигнал в Интернет. Также трудно решить все вопросы безопасности. Любые наноустройства, включённые в тело, умышленно или по неосторожности могут быть токсичными или вызывать иммунный ответ. Нанопыль может как успешно бороться с загрязнением, так и просто отравить всё вокруг, превратившись в разновидность химикобиологического оружия.

К сожалению, дело отнюдь не всегда в технике. Разумеется, технология IoNT может быть использована для незаконной слежки, но это лишь один из множества рисков. И есть подозрение, что от рисков-то и надо отталкиваться, прежде чем расписывать грядущие успехи IoNT. Чтобы не вдаваться в долгие философские рассуждения, приведём разницу между IoT и IoNT словами из произведений двух отечественных классиков литературы.

Кто помнит, в "Мойдодыре" Корнея Чуковского "...и подушка, как лягушка, ускакала от меня". Точно также в IoT можно выводить из вашего подчинения те или иные вещи. Впрочем, пока ещё есть надежда, что жизненно важные, а также военные и особо опасные объекты не будут подключены к Интернету хотя бы потому, что нападение всегда опережает защиту, и кибербезопасность всегда работает с тем, что уже случилось, в то время как хакеры придумывают новую киберопасность.

А вот у Ивана Ефремова в "Часе Быка" человек из далёкого и во многом совершенного будущего Фай Родис, на которой нет ничего, кроме тонкой брони облегающего скафандра, отвечает на насмешливый вопрос верховного правителя планеты Торманс Чойо Чагаса — этакого "слепка с человека современного нам" — о том, может ли она его убить.

— "Могу", — бесхитростно отвечает Фай Родис, — я могу просто приказать вам умереть и сердце остановится, но зачем?

"Современный" товарищ немедленно шарахается с плохо скрываемым испугом, а человек будущего искренне недоумевает, что, собственно, случилось, у нас же не убивают.

И не секрет, что если с помощью IoNT можно будет, к примеру, незаметно убивать — убивать будут обязательно. Первое убийство через Интернет, кстати, произошло ещё в середине 90-х путём дистанционного отключения системы жизнеобеспечения в палате реанимации. Причём убивать будут, как обычно, за деньги, за имущество, за власть, из зависти и просто так. Кому-то остановить сердечко, кому-то изменить сахарок в крови, кому-то что-нибудь сломать внутри или закупорить... А где-то с помощью нанопыли и очистить целый континент.

IoT, к примеру, станет следующей и логичной целью киберпреступников. А ну как все многие миллиарды "вещей" можно будет чем-нибудь заразить в разведывательных, экономических, преступных и прочих целях, а также просто из интереса? Как отмечают специалисты по кибербезопасности, количество угроз по их части с годами лишь увеличивается.

А вот как, к примеру, занявшись решением планетарной проблемы с помощью коллективного сознания, вдруг почувствовать в себе идиота, маньяка или просто жадину? Их миллионы, и как от них избавиться? Будем ли мы помещать идиотов и непорядочных людей в интеллектуальные резервации путём ограничения доступа? Или, скорее всего, просто превратимся в них самих? Как назовёт всё это либеральная или консервативная общественность? Как она сегрегируется сама под воздействием новых факторов? Не получим ли мы сверхрасу, которая не очень понятно чем займётся по отношению ко всем остальным?

Китайцы, например, уже планируют сегрегировать население по степени лояльности к государству, принятым этическим нормам, кредитной истории, поведению в общественных местах и пр., чтобы все блага были доступны только достойным членам общества. А куда девать недостойных? Как известно из физики, широкополосный шум "забивает" узкополосный полезный сигнал, и эту физику пора изучать социологам.

Существует ещё множество аспектов, связанных с нанотехнологиями, которые заставляют задуматься. К примеру, не исключено, что в ближайшем будущем спортсмены будут использовать разнообразные чипы—импланты с различными датчиками, а то и стимуляторами мышц (вместо допинга), что, конечно, само по себе нарушение спортивной этики. Но разве всех останавливают сегодня запреты допинга? Это будет просто следующей ступенью в борьбе за то, чтобы стать быстрее, выше и сильнее. И нетрудно себе представить, насколько уязвимыми могут они стать перед хакерами, нанятыми конкурентами. В частности, можно будет сделать так, чтобы объект запаздывал с движениями конечностей или слегка промахивался в самый нужный момент. Причём всё это будет лишь прелюдией к проникновению в спорт (а также в медицину и военное дело) технологий на стыке IoNT и генной инженерии, позволяющих отрастить ноги подлиннее, усилить мышечную массу или уменьшить задержку реакции нервной системы. Ну а, к примеру, про костный панцирь со свойствами бронежилета или щупальца, позволяющие стрелять из всех видов оружия одновременно, читатели могут дофантазировать сами.

Учитывая, что даже не погружаясь в глубины IoNT, вторжение в частную жизнь через традиционный Интернет может быть осуществлено с помощью поддельной информации где-нибудь в личном пространстве социальной сети или с помощью поддельного контента, посвящённого объекту атаки, когда последний может фигурировать в любом сгенерированном нелицеприятном сюжете. Медицинские и прочие секреты граждан могут также стать общедоступными. В отличие от сказанного, прямо или косвенно IoNT несёт, прежде всего, угрозу уже непосредственно организму человека, а также потенциально чему угодно. В целом фантазии здесь могут быть самыми разнообразными, но все они будут содержать потенциальные угрозы, причины которых в единой информационной среде, которой человечество в общей своей массе не научилось пользоваться во благо. В итоге в цифровом мире ничему нельзя верить, абсолютно всё может оказаться ненастоящим, поддельным, украденным, ворующим или опасным для жизни. И то, что, казалось бы, должно ускорять прогресс общества, встречает от этого общества столь изощрённое использование, что порой вынуждено серьёзно урезать свои прогрессивные возможности. Каждое подобное новшество требует внимательного сопровождения, дабы не превратиться, к примеру, из обучающего ресурса в очередной информационный наркотик или даже средство убийства.

Как и всегда, мало создать технологию, надо суметь правильно пользоваться ею. Есть стойкое ощущение, что, с одной стороны, человек попросту не готов к использованию открывающихся возможностей, особенно с планетарным или персональным охватом. С другой стороны, у человека нет иного выхода, как что-то преодолеть в себе, дабы увеличить коэффициент полезного действия от применения новых технологий. По иронии судьбы сами по себе новые технологии не оставляют человеку иного выхода, кроме как измениться (причём отнюдь не с помощью отращенных щупалец). И это будет непросто, потому что в человеческой природе ничего не изменяется с невероятно удалённых времён, описанных ещё в Библии. Ну, разве что окружающий человека технологический антураж.

По материалам ***electronics.ru, vestnik-sviazy.ru, pcweek.ru, rucont.ru, news.bitcoin.com, sut.ru, NanoNewsNet.ru, startup.today, club.esetnod32.ru, internetofthings.ru***

ПРИЗЫ ЖУРНАЛА "РАДИО"

Редакция рассмотрела поступившие письма читателей с купонами журнала "Радио" за 2017 год. В результате наши призы, наборы для самостоятельной сборки, получат

Е. С. Протасевич (г. Колпашево Томской обл.) — **"Велокомпьютер"**, **В. Т. Петухов** (г. Калининград) — **"Цифровое устройство защиты с функцией измерения"**, **А. А. Егин** (нп Участок Буринская дача Иркутской обл.) — **"Автомат световых эффектов на микроконтроллере"**, **М. А. Ленец** (с. Глебовка Пензенской обл.) — **"Программируемый термостат"**.

Поздравляем всех призёров! Желаем успехов в творчестве!

Уважаемые читатели!

Помните, что журнал "Радио" — радиолюбительский и для радиолюбителей. Мы публикуем статьи по тематике, интересующей широкий круг читателей. Пишите нам, что Вы хотели бы видеть на страницах журнала, какие темы интересны, а от каких публикаций можно воздержаться. Конечно, мы не гарантируем, что сможем удовлетворить все пожелания, но постараемся их учесть.

Присылайте нам статьи с описаниями своих разработок. Мы рассматриваем всю поступающую почту. В случае положительного решения ваша статья будет опубликована на страницах журнала "Радио" и сможет в дальнейшем участвовать в конкурсе на лучшую публикацию.

Напоминаем, что продолжается конкурс на лучшую публикацию 2018 г. Приглашаем всех читателей стать заочными членами жюри этого конкурса. Напишите нам, какие, на Ваш взгляд, материалы, опубликованные в журнале "Радио" в 2018 г., заслуживают быть отмеченными премиями. В своих письмах указывайте, пожалуйста, фамилию автора, полное название статьи, номер журнала, в котором она опубликована, а также премию (первая, вторая, третья, поощрительная), которую заслуживает статья. Число указанных материалов не должно превышать восьми. Ваше мнение мы сможем учесть, если Вы отправите письмо не позднее **31 марта 2019 г.** (по почтовому штемпелю). Письмо можно отправить и по электронной почте на адрес **mail@radio.ru** с обязательной пометкой в поле "Тема" — "Лучшие публикации 2018 года". По традиции читатели, назвавшие правильно не менее четырёх статей, признанных лучшими, получат наши призы.

Редакция

В поисках системы объективных критериев качества звуковоспроизведения (критика спектральной концепции)

А. ГАЙДАРОВ, г. Москва

Вместе с тем, поступающий в систему звуковоспроизведения сложный сигнал реален вне зависимости от того, каким набором спектральных компонент его можно однозначно представить в этот момент математическими средствами. Система преобразует сложный сигнал во временно́м домене, отвечая на каждое входное значение конкретным значением коэффициента преобразования, который в линейной системе принципиально не может зависеть от параметров преобразуемого сигнала и от его предыстории. Другими словами, линейность системы неминуемо означает полную свободу коэффициента преобразования от мгновенных значений преобразуемых сигналов. Поэтому искажения, вызванные изменениями коэффициента преобразования в зависимости от частотных составляющих*, деформируют весь сигнал, проявляя интермодуляционную нелинейность преобразования. Пример тому — электродинамические головки. На **рис. 8** показаны осциллограммы акустического сигнала от динамической головки: верхняя — двухчастотный (300 и 4000 Гц) сигнал; нижняя — выделенный с помощью ФВЧ модулированный сигнал 4000 Гц, как результат интермодуляции. И хотя данная иллюстрация относится к установившимся и детерминированным сигналам, самые значительные и слышимые неприятности происходят на стадии атаки, когда сигналы обогащаются спектральными продуктами сопоставимых амплитуд, которых не было в подаваемых сигналах. Проблематика продуктов неадекватности была впервые в мире поднята автором и доложена на заседании Российской секции AES в Акустическом институте имени Н. Н. Андреева в 1993 г.

С другой стороны, согласно идейной основе концепции, линейная система принципиально не может искажать сигнал, так как её линейность исчерпывает проблемы искажений. Поэтому другие факторы параметрического влияния на форму сигнала как бы не имеют права на существование или уже не могут трактоваться как искажения, тем более, классифицируемые как линейные. Линейность — синоним неискажённости преобразования, поэтому линейные параметрические проявления не имеют топонимического и логического права называться искажениями.

Эта логическая ловушка возникает из-за несовершенства существующего научного подхода физики установившихся состояний, когда мы пытаемся применять его к проблемам воспроизведения распознавательных признаков сложных звуковых сигналов, концентрирующихся в переходных стадиях. По инерции мышления и в рамках системных стереотипов представлений существующая теория пытается описывать переходные стадии в терминах детерминированных сигналов. Но, согласно определению [9], колебания в установившихся режимах служат только связками информационно насыщенных частей сигналов для их переходных стадий и заполняют промежутки между ними на время поддержки.

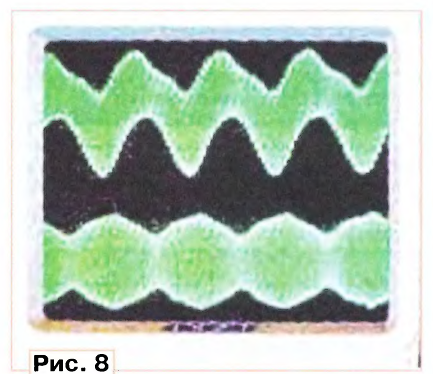


Рис. 8

Подходя к этой ситуации со стороны практических критериев эквивалентности, можно сформулировать эту закономерность так: *для качественного воспроизведения информационного содержания сигналов, связанного с их индивидуальными распознавательными признаками, сигналограммы переходных процессов атак существенно важнее их гармонических спектральных итогов — поддержек, представляемыми сегодня исчерпывающим средоточием всех индивидуальных распознавательных признаков информационных сигналов. Повторение переходного процесса гарантирует выход на то же установившееся состояние. Но повтор установившейся стадии сигнала, в силу бесчисленности множества возможных способов его достижения, принципиально не способен не только гарантировать однозначности формы атаки, но и вообще сказать нам хоть что-либо определённое о ней.*

**Эти эффекты присущи в большей степени электроакустическим преобразователям, отличающимся неминимально-фазовыми характеристиками.*

Окончание. Начало см. в "Радио", 2018, № 8

Приём статей: mail@radio.ru
Вопросы: consult@radio.ru

Неминимально-фазовые характеристики, и не только

Кроме наукообразности категории линейных искажений, в связи с понятием линейности, нельзя не отметить, что для оправдания явно недостаточной эффективности спектрального подхода в электроакустике некоторые авторы, стремясь дополнить систему параметров качества в электроакустике недостающим звеном, привлекли в неё свойства неминимально-фазовых характеристик элементов тракта. Но в отличие от радиотехники, где эти свойства предполагают дополнение спектральных характеристик импульсными, они позволяют рассчитать реакцию электрического четырёхполюсника на сигналы произвольной формы. В электроакустике эти неминимально-фазовые характеристики лишь констатируют *отсутствие непосредственной связи между спектральными и импульсными характеристиками системы, вычисляемой на базе представлений теории частотных фильтров. Особая важность этого понятия в данном приложении обусловлена тем, что основные устройства высококачественной записи и воспроизведения в электроакустике — магнитофоны и громкоговорители — официально признаются неминимально-фазовыми [3].* Но здесь это понятие стало феноменологическим по форме: когда выявлена и количественно сформулирована в общем виде некая математическая закономерность, внутренняя физическая причина которой может быть и неизвестной, как в законе всемирной гравитации у Ньютона. Однако, по сути дела, это понятие в электроакустике стало антифеноменологическим: на опыте наблюдается не поддающееся осмыслению отсутствие известной в подобных случаях закономерной математической связи между параметрами сигналов. По сути, негласно признав неминимально-фазовые характеристики причиной фиаско гармонического спектрального подхода, электроакустика должна была дополнить существующий подход измерением, обследованием, выявлением математических взаимосвязей параметров сигналов с параметрами преобразующей системы, нормированием переходных характеристик и аппаратом инженерного синтеза устройств с нужными параметрами, как это успешно используется в радиотехнике. Но, во-первых, этот путь так и не был использован до какого-либо конечного результата. А во-вторых, его использование, даже для широкополосных излучателей с одной головкой, не говоря уже о многополосных излучателях, использующих сложение полосовых сигналов во всём пространстве перед излучателями, представляет собой столь сложную модель, что её сколь-нибудь содержательный и конструктивный анализ и его интерпретация пока не представляются возможными. Математическое же моделирование позволяет найти приемлемые компромиссы, но не вскрывает при этом аналитические количественные зависимости, позволяющие "с открытыми глазами" влиять на моделируемую ситуацию в нужных направлениях и с нужной эффективностью.

Кстати, достоверность и эффективность использования этого подхода можно было бы оценить на звеньях с вырожденными спектральными свойствами — коммутаторах и соединителях. Но всего этого, составляющего новое содержание научного подхода к данной проблематике, не произошло. Более того, *признание преобразователей неминимально-фазовыми устройствами и объяснение этого свойства их неустранимой нелинейностью, отчётливо и безальтернативно опорочили все вводные допущения, предпринятые для применения спектрального анализа.*

О частотно-фазовой компенсации искажений

Первая и весьма давняя идея компенсации искажений касается так называемых линейных искажений спектра в тракте и заключается в предыскажениях, обратных линейным искажениям тракта. Она известна всем под названием эквализации так же хорошо, как и явная, хотя и непонятная недостаточность её эффективности. Развитие этой идеи состоит во включении в теоретическое рассмотрение и практическую эквализацию фазово-временных соотношений через комплексную передаточную функцию преобразователя. При этом в логике подхода усматривается неявное противоречие. С одной стороны, громкоговоритель в общем случае признаётся неминимально-фазовым устройством, что однозначно свидетельствует о его несоответствии требованиям линейности и инвариантности относительно времени, неприложимым для систем, к которым применимо преобразование Фурье.

Кстати, минимально-фазовые системы — это системы с однозначной связью совокупности АЧХ и ФЧХ с переходной характеристикой, рассчитываемой из эквивалентных схем, получаемых посредством электромеханических аналогий. Применяя такое преобразование Фурье к несоответствующему ему объекту, предлагается представить его *в виде последовательности минимально-фазового звена с реальной АЧХ и неминимально-фазового звена с вырожденной АЧХ,* т. е. неизменной по модулю АЧХ и дополнительной к условно принятой минимально-фазовой части для получения реальных ФЧХ.

Таким же образом эквализация должна компенсировать как отклонения АЧХ, так и отклонения суммарной ФЧХ от вырожденных значений: константы для АЧХ и нуля (или прямой, проходящей через ноль в первом квадранте в координатах фаза — частота) для ФЧХ. Оставим пока вне рассмотрения вопросы невырожденности ФЧХ для плоских АЧХ в заданной полосе частот. При этом информацию об объекте в виде комплексной передаточной функции (в смысле представления в виде комплексных цифровых значений) получают импульсным методом. Принципиально возможно, хотя и более трудоёмко, её получение и в установившихся режимах, что создаёт впечатление о существенной, если даже не исчерпывающей, информативности получаемых данных и в части переходных характеристик объекта.

Однако насколько можно судить по материалам соответствующих публикаций, вопросы корректности применения преобразования Фурье к системам, не удовлетворяющим необходимым для этого применения требованиям, нигде не только не обсуждались, но и не обозначались.

Эта проблематика может быть обозначена и по-другому. Неминимально-фазовую систему, не соответствующую требованиям, при которых корректно применение аналитического аппарата спектрального анализа (линейность и инвариантность относительно времени), предлагается превратить в систему с необходимыми и достаточными свойствами. Среди них — линейность и инвариантность, отсутствие искажений формы преобразуемых сигналов, их энергии и спектров. С этой целью измеряют и используют данные, характерные и определяемые существующими понятиями только для установившихся режимов колебаний (ФЧХ), применяя теоретико-аналитический аппарат, пригодный только для минимально-фазовых систем. Более того, получаемые результаты бездоказательно считают априорно справедливыми и для переходных режимов, хотя анализа достаточности компенсации отклонений АЧХ и ФЧХ для неискажающего преобразования в системах со скрытой (компенсированной) неминимальной фазовостью нет, так как подобная постановка вопроса до сих пор никогда не осуществлялась.

Можно показать, что сама попытка получения решения с вырожденной (обнулённой) ФЧХ неминуемо нарушит фундаментальный принцип причинности, так как неминимально-фазовая система в общем случае обуславливает различную временную задержку разных спектральных компонент. Компенсационная система, представляющая эти задержки в терминах фазово-частотного представления, для корректности результата должна сначала определить спектр, затратив на это время, сопоставимое с длительностью периодов спектральных компонент (а лучше — с длительностью затухания резонансных явлений). И лишь затем такая система перестраивает эти задержки в вырожденную ФЧХ с опозданием как минимум на период колебаний, соответствующий нижней границе полосы воспроизводимых частот [8]. Этот алгоритм осуществим только при задержке выходного сигнала по отношению к входному на время τ, для которого соответствующая ФЧХ уже не может лежать на оси абсцисс, а располагается под углом к ней, пересекая её в нуле координат. Такой фазово-частотной характеристике соответствует бездисперсионная, изохронная в полосе воспроизводимых частот (τ = const) линия задержки.

Компенсирующая система должна действовать зеркально системе, анализирующей спектр. Спектральная дисперсия её задержки должна соответствовать небольшому (а лучше отрицательному) времени, соизмеримому с периодом нижних частот спектра, воспроизводимых системой, и большому (лучше нулевому по отношению к за-

держке НЧ-компонент) времени на верхних частотах. При этом фазовая характеристика системы должна быть непрерывной и гладкой, что соответствует абсолютной фазовой характеристике неискажающего преобразования, в свою очередь соответствующей постоянству задержки сигнала в идеальном преобразователе для любых сигналов.

Понятно, что отрицательное время задержки, необходимое для искомого вырождения конечной ФЧХ, принципиально невозможно из-за нарушения принципа причинности. А включение наибольших временных затрат на спектральный анализ в запаздывание компенсированных сигналов может существенно усложнить задачу синхронного звукоусиления или сделать её невыполнимой для пространственно-временного согласования.

При переходе от установившихся процессов к переходным мгновенные спектры сигналов становятся сплошными и широкополосными. Здесь необходимо учесть ряд обстоятельств.

Во-первых, априори невозможно утверждать, что спектры слышимых частот, известные только для установившихся процессов, останутся неизменными и для переходных процессов (тем более что у автора, и не только у него, есть опытные факты, свидетельствующие, что это, по крайней мере, не совсем так). А во-вторых, заметность на слух ограничения полосы частот и временной дисперсии таких линий задержки представляет собой совершенно открытые на сегодняшний день вопросы.

Можно ли формально свести многополосный цифровой фильтр к временно́му упорядочивателю разупорядоченных преобразователем спектральных компонент не только для установившихся, но и для переходных режимов — вопрос, на который сегодня определённого ответа, пожалуй, тоже нет. А если учесть продукты неадекватности и разрыв отклика на начальной полуволне тестовой посылки, то помочь в этом деле может только полный учёт всех физических явлений и уже упоминавшийся принцип причинности.

При измерении комплексной передаточной функции преобразователя по его реакции на широкополосный импульсный сигнал в достаточно широком временном окне получаемая информация всё равно содержит данные о свойствах этой системы только в установившихся режимах гармонических колебаний. Ведь для каждой частотной точки передаточная функция представляет собой комплексное число, модуль которого определяет коэффициент передачи на этой частоте, а соотношение мнимой и действительной частей — относительную фазу выходного сигнала по отношению к входному сигналу, причём не в абсолютном временном выражении, а лишь с точностью до целого числа периодов.

Дополнительной информации, которая могла бы прояснить те особенности преобразователя, обуславливающие его неминимально-фазовую характеристику, отклик на перепад напряжения, учёт предыстории событий и реализации энергии, полученной на переходных стадиях атак, данное представление просто не может содержать в силу принципиального отсутствия соответствующего информационного ресурса.

Минимально-фазовые системы характеризуются однозначностью связи переходных характеристик с АЧХ, и им хватает информации, содержащейся в комплексной передаточной функции, а вот неоднозначность этой связи для неминимально-фазовых систем просто обязывает дополнять эту информацию свойствами конкретных физических механизмов, обуславливающих конкретную (из бесчисленного множества всевозможных) неминимальную фазовость каждого преобразователя.

Кстати, концептуальная уместность, вплоть до обязательности такой дополнительной информации, является косвенным признаком верности направления действий такого нестандартного подхода для выхода из существующего кризиса теории электроакустики.

Пусть предыдущие логические подходы к одной и той же проблеме не воспринимаются тавтологией, так как они должны продемонстрировать основной системный принцип научного подхода к познанию явлений — принципиальную инвариантность результата (любого умозаключения) относительно пути его познания. Если же разные логические цепи упорно приводят к результату, обратному общепринятому или защищаемому непререкаемым авторитетом общепризнанных мэтров, то это утверждение необходимо не защищать от неизбежных нападок, а пересматривать, опять-таки пользуясь инвариантностью результата разных путей, хотя бы в качестве косвенного средства оценки достоверности.

Постановка контрольных экспериментов и их результаты

Согласно утверждению Альберта Эйнштейна, "доказать теорию невозможно любым количеством экспериментов, но опровергнуть её может всего один". В качестве этого одного эксперимента могла бы выступить попытка создания громкоговорителя с незаметными на слух искажениями, достойного категории High End. Учитывая актуальность тематики и наблюдаемые факты несоответствия теории и практики её применения, экспериментальная проверка обоснованных сомнений потребовала целого комплекса из постановок задач и проведения экспериментов. Для уверенного утверждения о неполноте концепции необходимо выявить границы достоверности её утверждений или показать, что таких границ нет, но в таком случае основа концепции не содержит чего-то самого важного. Минимально достаточные границы эффективности действующей концепции, как порог удовлетворительной информационной содержательности и связанной с ней комфортности звучания, сформулированы в стандартах на аппаратуру категории Hi-Fi, а повышенные (без чётких оснований пороговых критериев заметности) — в стандартах на студийную аппаратуру [1, 2, 5—7, 11].

Располагая возможностями наиболее наукоёмких и высокотехнологичных отраслей и опытом лучших отечественных исследователей из МЭИС (ныне МТУСИ), АКИН, НИКФИ, ВНИИРПА, отдел Главного конструктора МЭП по направлению "Акустика" инициировал с 1983 г. работу по созданию безупречного (в рамках представлений существующей концепции качества звуковоспроизведения) громкоговорителя. Совместно с НИКФИ и МЭИС была проведена разработка акустической системы "Электроника 100АС-063" с металлическими диффузорами, обеспечивающими наивысшую стабильность и линейность параметров. Впервые в стране у серийной системы бытового назначения была реализована частота среза АЧХ (по уровню −3 дБ) не выше 30 Гц. Все параметры этих акустических систем превосходили требования действующих стандартов. Экспертиза качества звучания проводилась в НИКФИ с использованием образцов "Орбита 100АС-001" разработки ВНИИРПА (так и не освоенной серийно) и перспективной зарубежной модели KEF-105. Низкочастотные особенности помещения прослушивания были компенсированы третьоктавными эквалайзерами. Представленные системы выиграли у образцов, но отчётливо слышимая специфика их звучания всё же осталась.

В 1990 г. удалось довести технические параметры серийно выпускаемых пятитысячным тиражом в год акустических систем с металлическими диффузорами "Электроника 75АС-065" до требований к студийным мониторам. Неравномерность АЧХ, усреднённой в третьоктавных полосах, в технических условиях (ТУ) была снижена с ±4 дБ в полосе частот 100...8000 Гц до ±1,5 дБ в полосе 80...25000 Гц.

Коэффициент гармонических искажений измерялся при стандартном среднем звуковом давлении на 6 дБ выше стандартного уровня 90 дБ в расширенной частотной полосе 63...8000 Гц вместо 250...6300 Гц. При этом значение коэффициента гармоник вместо 3 % ограничивалось 1 %, а реально не превышало 0,6 % в самой нижней части, на частоте 63 Гц. Значения граничных частот были взяты из стандартов на профессиональную аппаратуру и из исследований признанных мировых авторитетов [8].

Эти данные понадобились отечественным стандартизаторам для того, чтобы дезавуировать ранее принятые на себя повышенные обязательства по постепенному и всемерному улучшению качества отечественных акустических систем высшей группы сложности, которые должны были вместо нижней частоты 31,5 Гц начать воспроизводить с 25 Гц. Когда это стало грозить полным отсутствием аппаратуры этой группы сложности, стандартизаторы нашли ловкий выход из созданного ими же положения, вообще не требующий совершенствования техники.

Весь фокус заключался в том, что стандартизаторы не изменили, а фактически отменили международный унифицированный критерий определения нижней частоты полосы **эффективно** воспроизводимых частот, принятый равным −8 дБ от уровня среднего звуко-

вого давления системы. Они просто удалили из ГОСТа эту международную норму, оставив величину реального спада на усмотрение изготовителей для указания в документе внутреннего применения только на предприятии — в технических условиях на конкретную модель.

Тем самым, изготовители получили абсолютно законную возможность вводить потребителей в заблуждение. Указанная нижняя частота полосы воспроизводимых частот определялась при произвольном (!) уровне спада АЧХ, указанном только во внутренней документации изготовителя, что полностью лишало её какого бы то ни было смысла.

Возвращаясь к экспериментальной части, следует обратить внимание, что на частотах ниже 250 Гц (до 63 Гц) современные стандарты не нормируют коэффициент гармонических искажений, а в предыдущих редакциях 70-х годов фигурировала норма не более 8 %.

Качество звучания и высокие значения параметров систем "Электроника 75АС-065" подтвердили государственные испытания в независимом Всесоюзном государственном испытательном центре (ВГИЦ) при ВНИИРПА, включавшие в себя и стандартизованную субъективную экспертизу. Заключение ВГИЦ оказалось заведомо достаточным для решения Торгово-промышленной палаты "настоятельно рекомендовать систему "Электроника 75АС-065" к серийному выпуску" (фото на **рис. 9**). Но справедливо ожидаемой живости, естественности и отсутствия специфики звучания достичь так и не удалось.

Основные претензии к качеству, сформулированные участниками этих исследований и совместных разработок со стороны НИКФИ О. А. Салтыковым и Б. Г. Белкиным, относились к среднечастотной головке, хотя именно её технические параметры качества были наиболее совершенными. Так, неравномерность АЧХ в полосе рабочих частот (500...5000 Гц), независимо измеренная в акустических камерах ГДРЗ и НИКФИ в третьоктавных полосах розового шума, оказалась ниже уровня разрешения аппаратуры, который составлял 0,2 дБ. А относительный суммарный коэффициент нелинейных искажений был значительно ниже 0,3 %.

Стремясь довести причины искажений до полного исключения, используя три технических решения, удалось снизить гармонические искажения более чем на 15 дБ ниже абсолютного порога слышимости (2×10^{-5} Па), что на 70 дБ ниже стандартного порога заметности искажений при спектральном уровне номинального среднего звукового давления в 96 дБ.

Для этого пришлось в 1991 г. специально переконструировать лучшую по параметрам отечественную среднечастотную головку 20/100ГДС-001 собственной разработки 1981 г., применив три новых изобретения и бериллиевый диффузор-колпак диаметром 64 мм, специально изготовленный в НПО "Энергия" по уникальной технологии токарного прецизионного резания из болванки. Такая сложно выполнимая технология была вынужденной мерой, так как вытяжка, чеканка или штамповка полусферы из бериллиевой фольги, как и сама прокатка бериллиевой фольги, практически невозможны из-за чрезвычайно сильного самоупрочнения (нагартовки) материала при деформации.

Рис. 9

Фурье-анализатор в реальном масштабе времени модели 2131 фирмы Br el & Kjer в звукомерной заглушенной камере первого класса Акустического института имени Андреева, сертифицированной Госстандартом, не смог обнаружить систематическую составляющую на частотах второй, третьей и последующих гармоник относительно уровня суммарных шумов измерительного тракта, отстоявшего от уровня первой гармоники на −105 дБ.

Эти головки были установлены в студийный монитор АКА-200, разработанный для студий Центрального телевидения совместно с фирмой "Валанкон" — отечественным лидером производства мощных ламповых высококачественных усилителей. С этой задачей к нам обратилось руководство звукового цеха телецентра сразу после развала Советского Союза, когда ещё не было налажено поступление на телевидение рекламных валютных поступлений. Затем эти мониторы были представлены на экспертизу в Центральную студию документальных фильмов (ЦСДФ) для натурного изучения возможностей их использования на студиях режиссёрского контроля в Останкинском телецентре имени 50-летия Октября.

Однако звучание этих систем со столь идеальными характеристиками в просмотровом зале на расстоянии 18 м от режиссёрского пульта оказалось совершенно **неудовлетворительным** даже для самих разработчиков, по всем статьям проиграв морально и физически устаревшим и откровенно дребезжащим огромным мониторам BEAG. Тщательный и детальный контроль объективных параметров представленных систем не выявил никаких отклонений от ранее измеренных в АКИН высоких значений параметров, не говоря уже о возможных аномалиях, возникших при перевозке и во время экспертиз, которыми можно было бы объяснить неудовлетворительное качество их звучания.

В причинах слышимых искажений, чья природа оказалась совершенно неожиданной с позиций стандартизованной концепции, удалось разобраться гораздо позже. Ими оказались, во-первых, доплеровские искажения, никак не зависящие от линейности системы. А во-вторых, этому способствовал недостаток ранних отражений, обусловленный разворотом диаграммы направленности излучения громкоговорителя непосредственно на зону прослушивания.

На следующем, инициативном этапе теоретико-экспериментальных исследований была оценена степень сходства сигналов, поступающих на громкоговоритель и воспроизведённых им. Для этого в качестве теста был взят типовой 20-секундный фрагмент оцифрованной вокально-инструментальной фонограммы Элтона Джона с диска "Фантастический Капитан", предназначенной для использования в субъективной экспертизе качества звучания как тестовый. Исходная фонограмма в электронном виде сравнивалась с конечным акустическим сигналом, прошедшим тракт высококачественного студийного воспроизведения. Для исключения отражённых звуков сигнал регистрировался в звукозаглушенной камере АКИН. Для исключения деформаций сигналов, вызванных микрофонным трактом, регистрация производилась измерительным конденсаторным микрофоном мгновенных значений

Приём статей: mail@radio.ru
Вопросы: consult@radio.ru

звукового давления с паспортизованной фазовой характеристикой, вырожденной в диапазоне слышимых частот.

Коэффициент взаимной корреляции сигналов получали методом перемножения сигналов при вариациях времени задержки первичного сигнала. Максимум коэффициента корреляции, ожидавшийся на уровне не ниже 0,8, оказался не выше 0,25 (для частей фонограммы с протяжными звуками) при типовом значении 0,2 и минимуме 0,12 для быстрых композиций, насыщенных атаками звуков.

Измерив комплексную передаточную функцию тракта в камере на оси излучения, ведущие специалисты АКИН создали цифровой фильтр, компенсирующий все спектральные особенности, включая фазовые сдвиги. При этом использовалась дискретизация спектра на 2800 и на 4500 точек отсчёта по частоте. Это позволило повысить коэффициент корреляции до значений не ниже 0,85. Однако экспертиза качества звучания тракта и здесь, вопреки достигнутому коэффициенту корреляции, дала совершенно неудовлетворительную оценку. Звук стал сухим, техногенным, стерильным, неопределённо окрашенным и более всего похожим на звук старинного граммофона.

Все попытки последовательной комплексной идеализации АЧХ и ФЧХ громкоговорителя совместно с трактом усиления не только не дали ожидаемого результата, но и в ряде наиболее тщательно выверенных случаев определённо ухудшили качество звучания. Тем не менее на поставленный вопрос эксперименты дали вполне чёткий ответ: *спектрально-связанные параметры, какими бы идеальными они бы ни были, не способны гарантировать качество звучания.* И именно поэтому никому не удаётся чётко сопоставить спектральные параметры с качеством звучания. Этот вывод прекрасно объясняет высказывание известнейшего специалиста в мире усилительной техники Питера Квортрупа: "Спектральные параметры сами по себе не гарантируют качества звучания усилителей, но все хорошо звучащие усилители имеют, по крайней мере, неплохие объективные технические параметры". Таким образом, *параметры АЧХ, даже вместе с ФЧХ, могут претендовать только на роль необходимых предпосылок субъективного качества звучания, не претендуя на достаточность для его гарантирования.*

В итоге, все средства спектрального анализа дают только косвенные представления как предпосылки качества, не имея ресурсов для его ожидаемых гарантий. Более того, эти средства создают устойчивый стереотип восприятия о невозможности подозревать о существовании альтернатив иной физической и психофизиологической природы, не говоря уже о приоритетности роли пока не сформулированных параметров, как и их системы. Но для прояснения картины и выдвижения новых идей необходимо ревизовать первооснову концепции восприятия реальных сигналов и распознавания их индивидуальных информационных признаков, связанную не столько с точными науками, сколько с психофизиологией восприятия.

ЛИТЕРАТУРА

11. ГОСТ 16122-78. Громкоговорители. Методы электроакустических испытаний. Введён с 01.07.89.

Индикатор выходной мощности УМЗЧ

Н. ОСТРОУХОВ, г. Сургут Тюменской обл.

Устройство, схема которого изображена на **рис. 1**, предназначено для работы с любым мощным УМЗЧ. Его подключают непосредственно к выходам левого и правого стереоканалов усилителя. Текущий уровень мощности каждого канала отображают линейные шкалы из 10 (по две штуки на канал) или 20 светодиодов. Нижние по схеме светодиоды обеих шкал светятся постоянно, остальные показывают в виде светящихся столбиков уровни от −40 до +4 дБ с шагом 2 дБ. Если, например, принять, что свечение третьего сверху светодиода соответствует мощности 20 Вт, то самому нижнему будет соответствовать мощность 0,2 Вт, а самому верхнему — 30 Вт. При таком числе уровней светящийся столбик индикатора заметно "шевелится" при воспроиз-

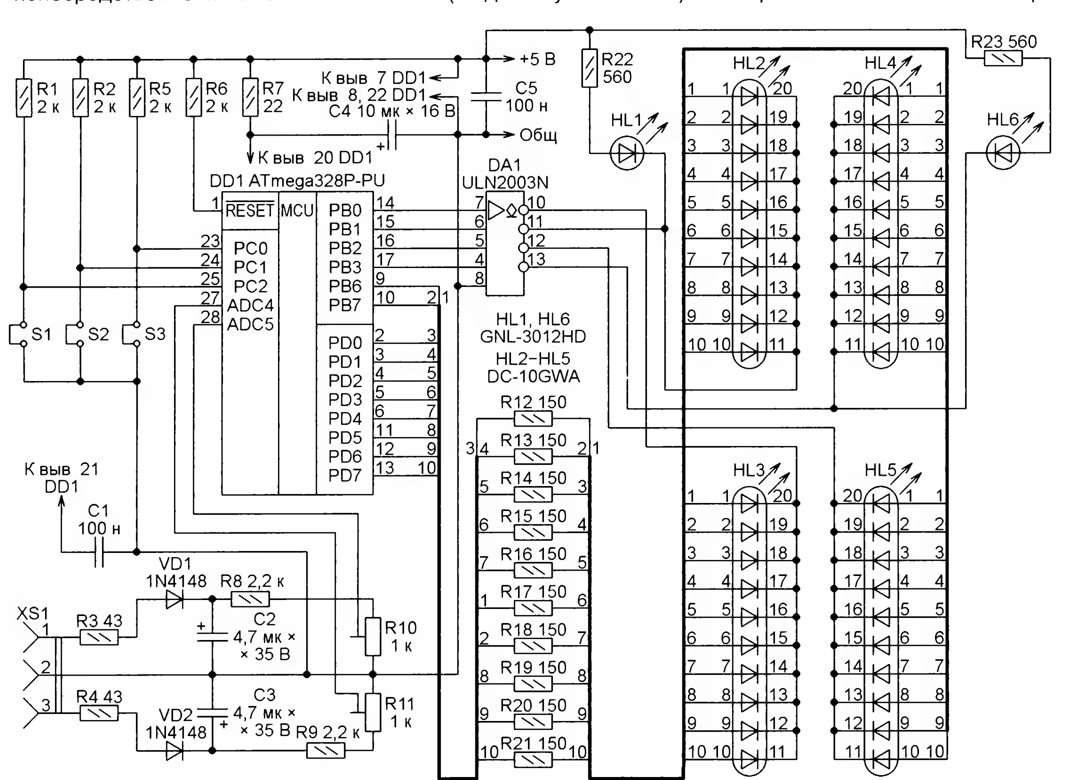


Рис. 1

Приём статей: mail@radio.ru
Вопросы: consult@radio.ru

ведении музыкального произведения с небольшой громкостью.

Устройство содержит два однополупериодных выпрямителя на диодах VD1 и VD2. Резисторы R3 и R4 ограничивают ток зарядки конденсаторов C2 и C3. Поскольку постоянная времени зарядки конденсаторов C2 и C3 через диоды VD1, VD2 и резисторы R3 и R4 мала, скорости нарастания напряжения на выходе усилителя и на конденсаторах C2 и C3 практически совпадают, а скорость роста светящегося столбика регулируется программно. Скорость спада определяется большей постоянной времени разрядки этих конденсаторов через резисторы R8—R11, а скорость спада столбиков дополнительно регулируется программно.

Таблица 1

Перемычка		NSMA
S2	S3	
Установлена	Установлена	2
Установлена	Нет	3
Нет	Установлена	4
Нет	Нет	5

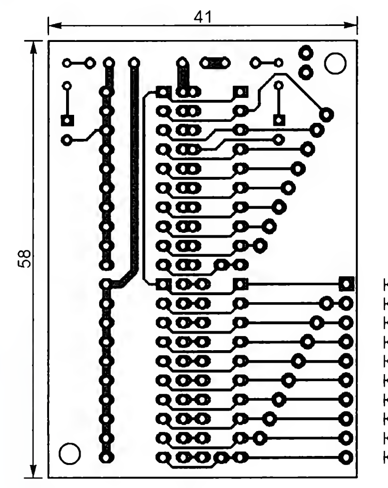
Программа микроконтроллера DD1 написана в среде BASCOM. Каждую миллисекунду она поочерёдно оцифровывает напряжения левого и правого стереоканалов. Для каждого канала она определяет максимальные за 50 мс значения напряжения и вычисляет их скользящее среднее за несколько последних 50-миллисекундных интервалов. Для этого сумма измеренных значений делится на число интервалов, в которых они получены, хранящееся в переменной NSMA. Чем больше значение NSMA, тем медленнее растёт и спадает светящийся столбик, тем точнее его высота соответствует средней мощности. Значение NSMA зависит от состояния перемычек S2 и S3 согласно **табл. 1**.

Если перемычка S1 установлена, отображаются только светящиеся столбики, как описано выше. При снятой S1 в каждом столбике дополнительно светится по одному диоду на позиции, соответствующей максимальной за последние 50 мс мощности. При росте громкости столбик как бы подбрасывает индикатор максимума вверх. Скорость спада максимумов меньше скорости спада столбиков и не регулируется. В программе её определяет значение переменной DeltaDOWN. Эффект выражен тем сильнее, чем больше NSMA.

Таблица 2

Младший байт		Старший байт		Расшир. байт	
CKDIV8	1	RSTDISBL	1	—	—
CKOUT	1	DWEN	1	—	—
SUT1	1	SPIEN	0	—	—
SUT0	0	WDTON	1	—	—
CKSEL3	0	EESAVE	1	—	—
CKSEL2	0	BODLEVEL2	1	BOOTSZ1	0
CKSEL1	1	BODLEVEL1	1	BOOTSZ0	0
CKSEL0	0	BODLEVEL0	1	BOOTRST	0

0 — запрограммирован; 1 — не запрограммирован .



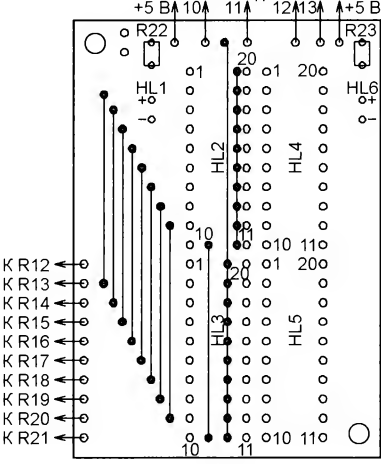


Рис. 2

Вместо микроконтроллера ATmega328P-PU можно установить ATmega88-20PU или ATmega168-20PU, заменив программу. К статье прилагаются варианты программы для всех этих микроконтроллеров. Конфигурация микроконтроллера любого из этих типов должна быть запрограммирована в соответствии с **табл. 2**. Микросхему ULN2003N можно заменить четырьмя ключами на дискретных транзисторах структуры n-p-n с допустимым током коллектора более 250 мА.

Если напряжение питания усилителя, к которому будет подключён индикатор, превышает 25 В, следует применить конденсаторы C2 и C3 на 63 В. Диоды VD1 и VD2 в этом случае должны выдерживать обратное напряжение 100 В и более.

Каждую пару 10-светодиодных шкал (HL2, HL3 и HL4, HL5) можно заменить одной 20-светодиодной или собрать шкалы из дискретных светодиодов. Не найдя 20-светодиодных шкал, составленных из элементов разного свечения, я применил в качестве HL2 и HL4 такие 10-светодиодные, у которых два верхних светодиода красного, далее три жёлтого, а остальные — зелёного свечения. Шкалы HL3 и HL5 — 10-светодиодные зелёного свечения.

Печатная плата для микроконтроллерного узла индикатора не разрабатывалась, он собран на макетной. Светодиодные шкалы, которые должны быть расположены строго параллельно и состыкованы без зазоров, установлены на печатной плате, чертёж которой изображён на **рис. 2**. На ней же рядом с третьими сверху светодиодами шкал HL2 и HL4 находятся светодиоды HL1 и HL6. Они отмечают позиции, соответствующие номинальному уровню мощности. В случае применения описанных выше разноцветных шкал эти светодиоды можно не устанавливать, так как о превышении мощности будет сигнализировать красный цвет свечения элементов шкалы.



Рис. 3

Внешний вид платы светодиодных шкал показан на **рис. 3**. Светодиоды HL1 и HL6, а также резисторы R22 и R23 на ней не установлены.

Поскольку суммарный ток светодиодов каждой линейной шкалы течёт через плюсовой вывод питания микроконтроллера, он не должен превышать 200 мА. Поэтому номиналы резисторов R12—R21 нужно выбирать такими, чтобы ток через каждый из них был меньше 20 мА.

Собранный прибор следует откалибровать. Для этого на соединённые вместе контакты 1 и 3 разъёма XS1 собранного прибора подайте синусоидальное напряжение, амплитуда которого соответствует максимальной индицируемой мощности. С помощью подстроечных резисторов R10 и R11 добейтесь полного свечения обеих шкал. При этом уменьшение подаваемого на вход напряжения на 10...15 % должно приводить к выключению верхних светодиодов.

***От редакции**. Программы микроконтроллеров имеются по адресу **http://ftp.radio.ru/pub/2018/09/sma.zip** на нашем FTP-сервере.*

Усовершенствованный вариант циклотрона
Исследование модели УМЗЧ

А. ПЕТРОВ, г. Могилёв, Белоруссия

В статье представлены результаты измерений характеристик и параметров компьютерной модели современной версии цирклотрона, спроектированного автором. Компьютерное моделирование позволило сравнить полученные характеристики с аналогичными характеристиками модели подобного усилителя мощности с операционными усилителями ("Радио", 1984, № 8, с.35—38), представленными в предыдущих номерах журнала текущего года.

Кроме того, автором даны рекомендации по выбору полупроводниковых приборов и радиодеталей для использования в конструкциях высококачественных усилителей.

С учётом результатов измерения параметров и характеристик прототипа [1] и анализа его недостатков разработан современный вариант усилителя, построенного по аналогичной структуре, схема его модели в программе *Microcap9* показана на **рис. 1**.

Во входном буферном каскаде усилителя применён прецизионный быстродействующий ОУ LT1122, в котором однокаскадный УН построен по схеме ломаного каскода.

В драйверном каскаде применены ОУ LM6171A, выполненные по структуре усилителей с токовой обратной связью (ТОС) и с буферным каскадом на инвертирующем входе. Такие ОУ относят к усилителям с обратной связью по напряжению. Сигналы с парафазных выходов драйвера управляют выходным каскадом (ВК) цирклотрона.

В этом цирклотроне построение выходного каскада на транзисторах существенно отличается от сравниваемого прототипа [1]. В прототипе напряжение смещения, определяющее ток покоя транзисторов выходного каскада, задаёт источник тока на полевом транзисторе. В описываемом здесь усилителе базовый ток покоя транзисторов Q1, Q2 протекает через резисторы R13, R16 и открывает их настолько, что без дополнительного напряжения смещения на этих резисторах мощные составные транзисторы Q3, Q4 не могут быть открыты (напряжение смещения на эмиттерном p-n переходе должно быть более 1,1 В). Это дополнительное напряжение смещения достигается с помощью генератора стабильного тока на полевом транзисторе Q1, задающего дополнительный ток, распределяемый через балансные резисторы R14, R15 для резисторов R13, R16. При таком различии функция элементов R9, Q1 оказывается аналогичной источнику тока в исходной схеме — они тоже задают ток покоя выходного каскада.

Повторители напряжения, выполненные на транзисторах Q1, Q2, имеют ещё некоторые особенности. Резисторы в цепи эмиттера этих транзисторов соединены с источником напряжения в другом плече, обеспечивая ток покоя Q2, Q3 около 12 мА. При таком соединении напряжение на этих эмиттерных резисторах (R17, R19) сохраняется почти постоянным и на сигнале. Благодаря такому следящему питанию повторители работают в режиме, близком к малосигнальному, и тем самым вносят минимальные искажения. Напряжение на транзисторах повторителей невелико и тоже изменяется незначительно. Эмиттерные переходы транзисторов Q2, Q3 способствуют температурной компенсации мощных выходных транзисторов Q4, Q5 при обеспечении теплового контакта. За счёт этого эффекта сопротивление эмиттерных резисторов R20, R21 выбрано всего 0,05 Ом. Дополнительной компенсации, как оказалось, не требуется.

Итак, переменный сигнальный ток, протекающий между выходами драйвера через резисторы R13— R16, управляет смещением на транзисторах выходного каскада, которые создают на нагрузке RL соответствующие напряжение и ток. При малых амплитудах тока нагрузки (менее 200 мА) выходной каскад работает в режиме класса А. При большем токе попеременно один из мощных транзисторов выходного каскада переходит в режим отсечки. Цепи ООС поддерживают равенство амплитуд противофазных сигналов. В прочем работа этого варианта цирклотрона не отличается от прототипа, выходной каскад цирклотрона создаёт на нагрузке амплитуду сигнала, вдвое превышающую амплитуду с выходов ОУ (напряжение питания ОУ равно +/−15 В).

Цепи ООС с выводов нагрузки на инверсные входы ОУ драйвера минимизируют нелинейность амплитудной характеристики выходного каскада и самих ОУ. Важная особенность для такой симметричной структуры — минимальный допуск в отклонении сопротивления резисторов цепи обратной связи (R8, R10—R12), а также в парах резисторов R13 и R16, R17 и R19, R20 и R21.

Для балансировки ВК по минимуму постоянного напряжения на нагрузке (с целью более чёткой фиксации режимов смещения) применён источник двухполярного напряжения на диодах D1, D2 (примерно +/−0,7 В). Переменным резистором R7 в модели постоянное напряжение на нагрузке снижено до нуля, что соответствует балансу встречно протекающих токов

Рис. 1

Приём статей: mail@radio.ru
Вопросы: consult@radio.ru

Приём статей: mail@radio.ru
Вопросы: consult@radio.ru

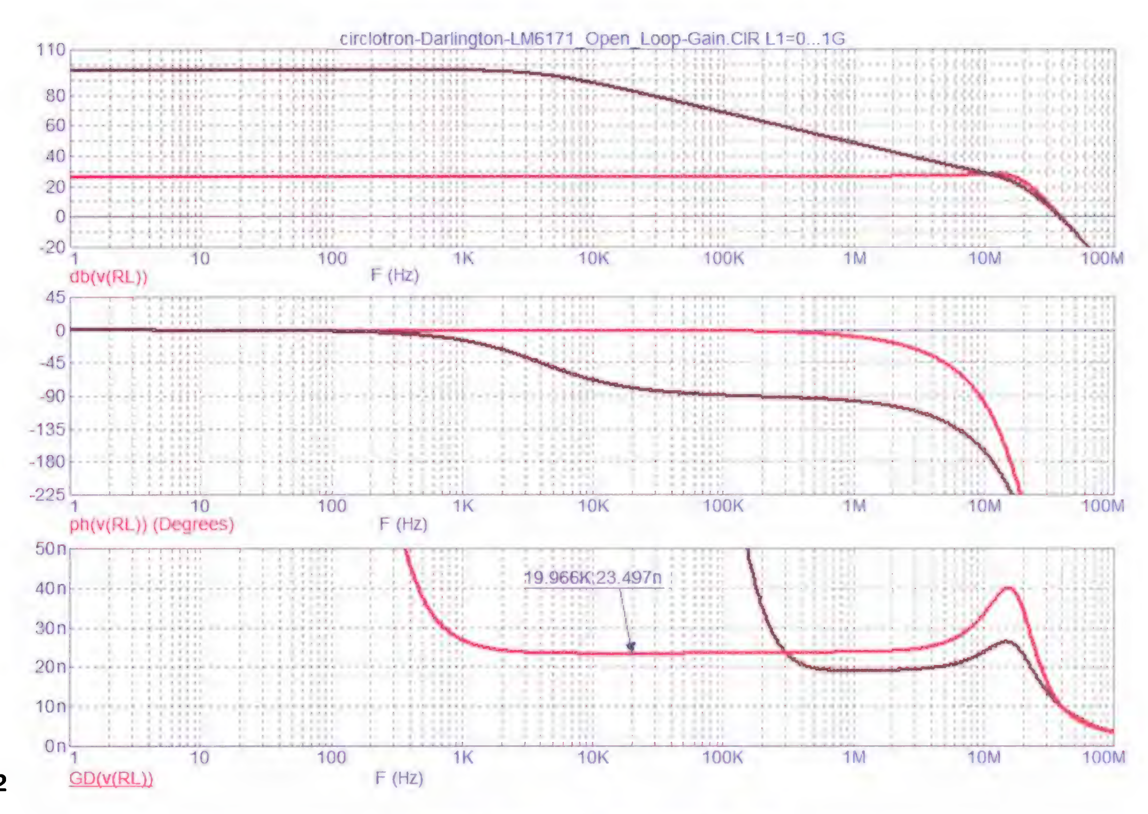


Рис. 2

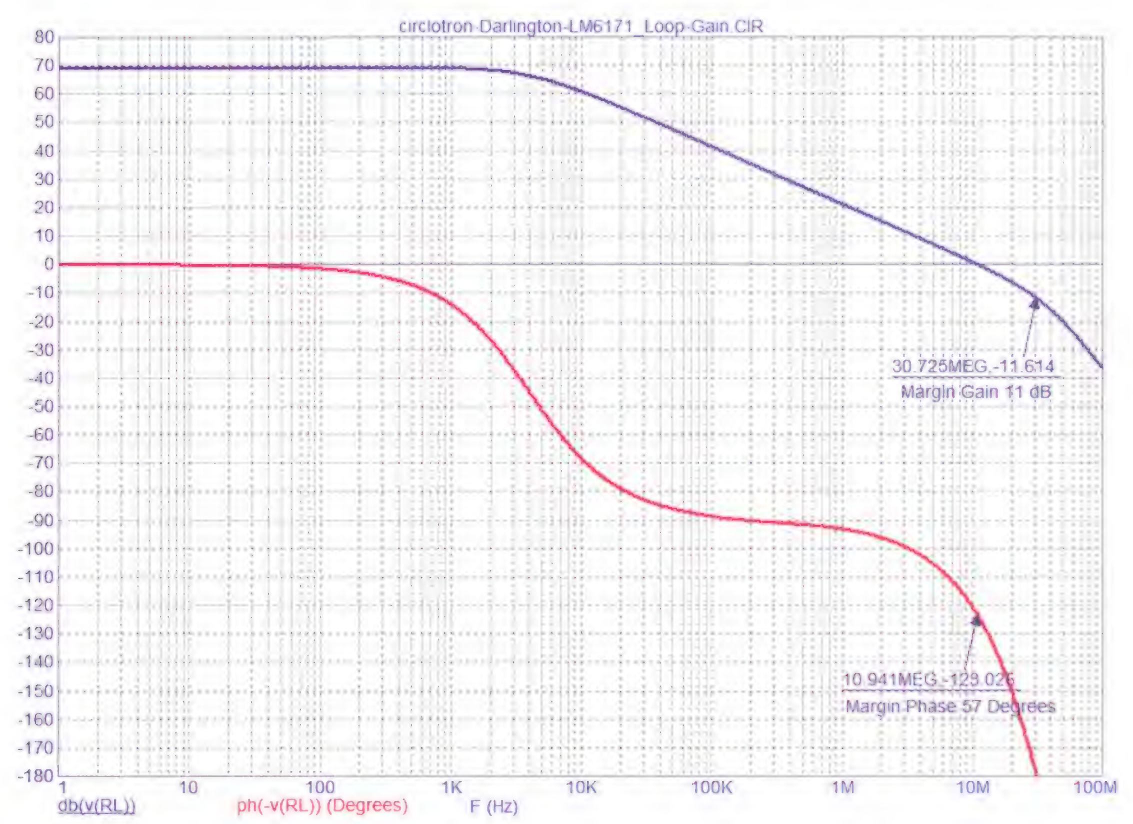


Рис. 3

покоя мощных транзисторов, устанавливаемых равными 220...240 мА переменным (подстроечным) резистором R9. Такой ток в модели подобран по минимуму искажений, хотя в практической конструкции оптимальное значение тока может несколько отличаться.

Проведём анализ характеристик модели в той же последовательности, что и для её прототипа [1]. Для начала посмотрим диаграмму Боде, показанную на **рис. 2**.

Частота первого полюса равна 4 кГц, а частота единичного усиления — 70 МГц. Максимальное усиление — 97 дБ, усиление на частоте 20 кГц равно 83 дБ. Усиление в УМЗЧ с замкнутой петлёй ООС равно 27 дБ. Задержка со-

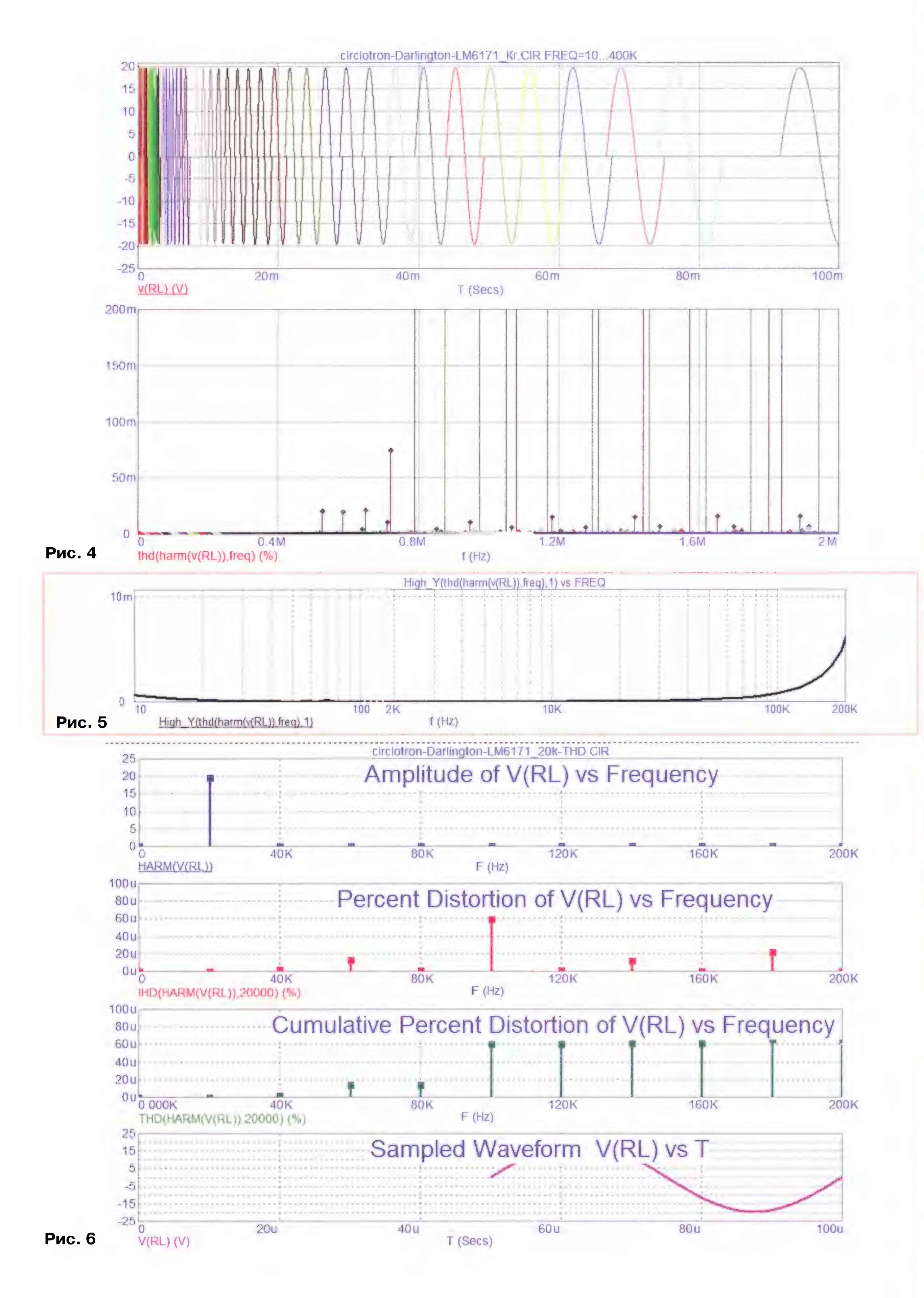


Рис. 4

Рис. 5

Рис. 6

ставляет всего 23,5 нс — почти на порядок меньше, чем у прототипа.

АЧХ и ФЧХ показаны на **рис. 3**. Максимальное петлевое усиление составляет 70 дБ, глубина ООС на частоте 20 кГц составляет 55 дБ. Запас по фазе (при единичном коэффициенте передачи в петле) равен 57 град., а по амплитуде (при повороте фазы на 180 град.) — 11,6 дБ.

Посмотрим дополнительно уровень искажений и его спектр на частоте 20 кГц, показанные на **рис. 6**. Если рассматривать его в полосе до 80 кГц, то уровень искажений не превышает 0,00002 %. Ближайшая, пятая гармоника частотой 100 кГц имеет уровень 0,00006 % и далее практически ничего.

Спектр искажений сигнала частотой 20 кГц на первом периоде синусоиды

Посмотрим, как при выбранном токе покоя проявляются коммутационные искажения. Как видим на **рис. 9**, здесь всё в порядке: коммутационных искажений не видно, на вершинах комплексного сигнала (с частотами 100 Гц и 20 кГц) искажения сигнала частотой 20 кГц носят мягкий характер, в основном это гармоники низкого порядка ничтожно малого уровня.

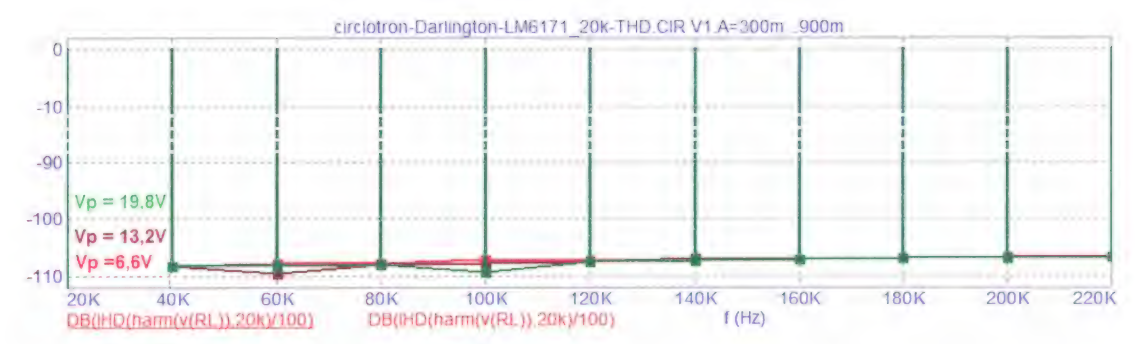


Рис. 7

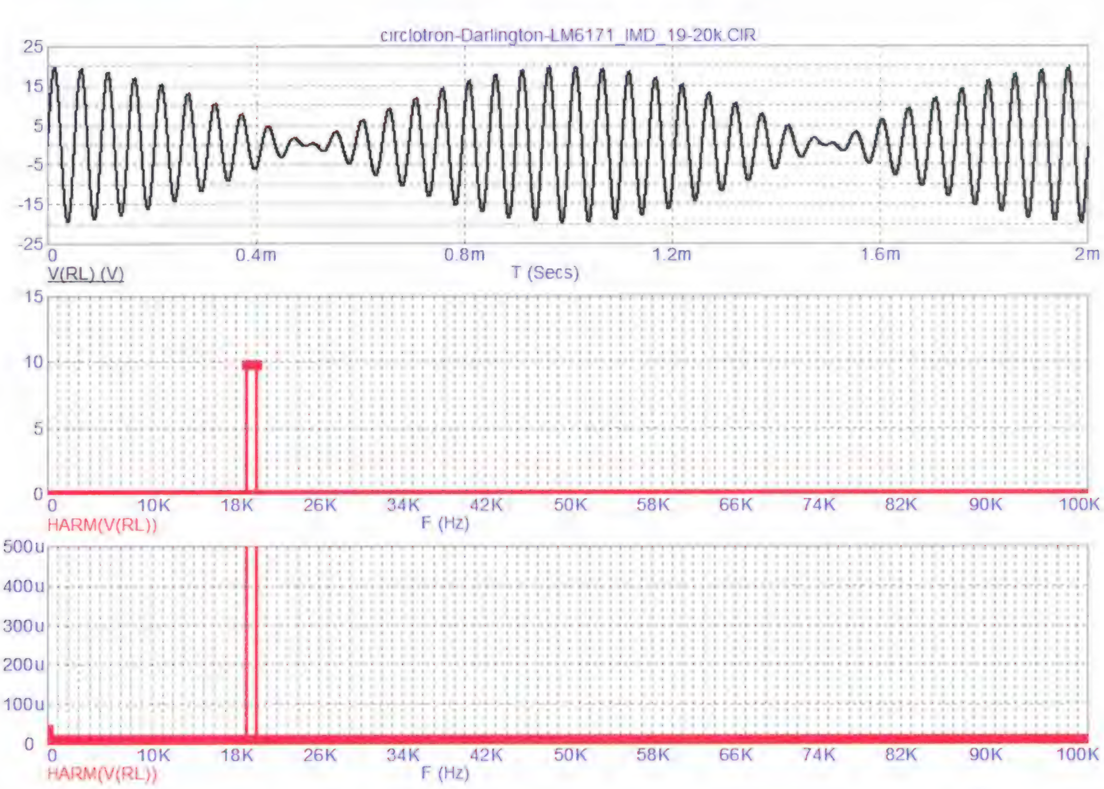


Рис. 8

Аналогичным образом проверим усилитель на зависимость коэффициента гармоник $K_г$ от частоты. На **рис. 4** показан промежуточный результат расчёта. Он весьма показателен, на нём виден спектр гармоник и его насыщенность до 2 МГц. Как видно из графика, ниже 500 кГц практически нет продуктов искажений.

Зависимость $K_г$ от частоты показана на **рис. 5**. Как видно из графика, $K_г$ ничтожно мал во всей полосе звуковых частот и за его пределами. Незначительный рост искажений начинается на частотах выше 100 кГц.

при изменении выходного напряжения от 5 до 20 В (ампл.) с шагом 5 В показан на **рис. 7**. Даже на первом периоде уровень гармоник ничтожно мал, около −107 дБ, т. е. менее 0,0005 %. Уровень гармоник оказался примерно на 30 дБ ниже, чем у прототипа.

Результаты проведённого теста на интермодуляционные искажения (ИМИ) двухтональным сигналом частотой 19 и 20 кГц показаны на **рис. 8**. Благодаря малым гармоническим искажениям усилителя и высокому быстродействию продуктов интермодуляции практически не видно.

Если провести тест нового усилителя на оценку задержки передачи сигнала, то при просмотре формы первого периода осциллограммы выходного сигнала сливаются с входным и задержанным входным, приведёнными к уровню выходного, поэтому на **рис. 10** показан лишь начальный участок этих осциллограмм. Здесь видно, что задержка почти на порядок меньше, чем у прототипа, а время установления чуть больше самой задержки и носит апериодический характер.

Проверку линейности амплитудной характеристики проводим с помощью

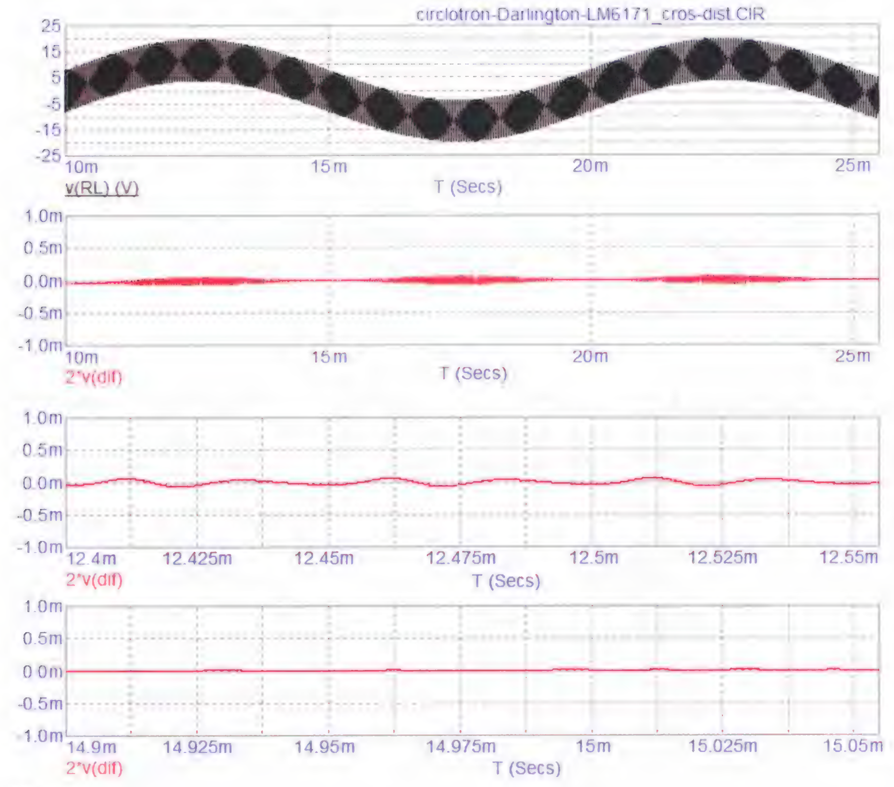


Рис. 9

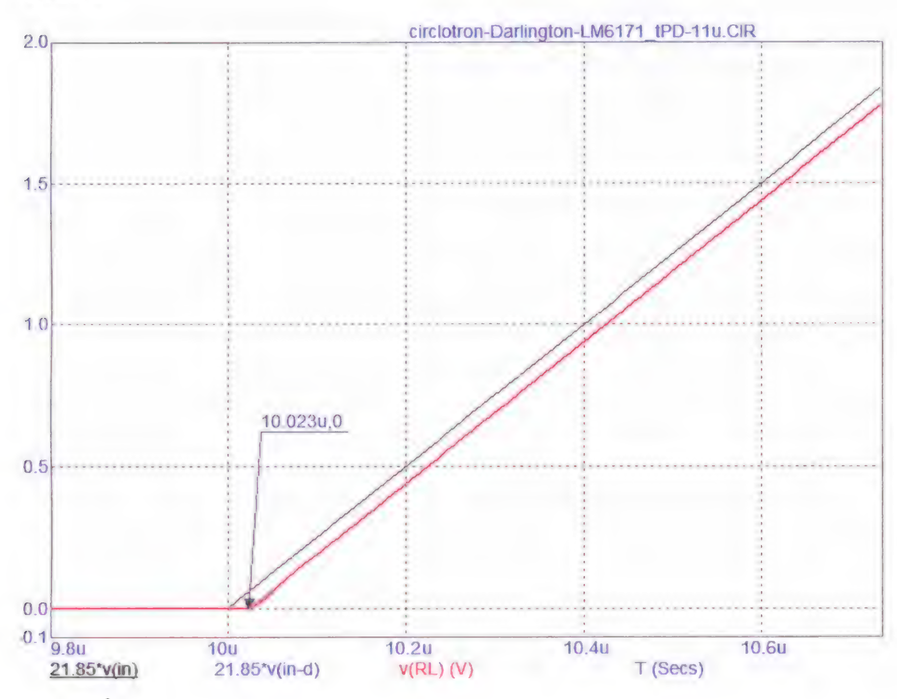


Рис. 10

теста пилообразным сигналом, показанным на **рис. 11**. Как и в тесте прототипа, пилообразный сигнал предварительно обработан радиочастотным фильтром НЧ первого порядка с частотой среза 160 кГц. В разностном сигнале (из входного и выходного сигналов, приведённых к одному уровню) вершины импульсов прямые, что говорит о высокой линейности амплитудной характеристики. Искажения на вершинах пилообразного сигнала, связанные с задержкой, также ничтожно малы: на четвёртой осциллограмме разностный сигнал (от задержанного входного и выходного сигналов, приведённых к одному уровню) представляет практически прямую линию с незначительными всплесками на вершинах пилы.

Проиллюстрируем работу ВК в классе АВ. Из **рис. 12** видно, что в выходном каскаде каждое плечо циклотрона создаёт на нагрузке (между точками out1, out2) амплитуду сигнала 20 В, близкую к амплитуде дифференциального напряжения на выходах ОУ драйвера.

Заодно посмотрим, как ведёт себя усилитель в режиме клипирования, которое показано на **рис. 13**. Выход из жёсткого клипирования на высоких звуковых частотах проявляется без видимых проблем с устойчивостью.

Измерим выходное сопротивление по степени ослабления сигнала, подаваемого через нагрузку на выход УМЗЧ, что показано на **рис. 14**. Генератор с изолированным от общего провода выходом включён последовательно с нагрузкой RL, его испытательное напряжение частотой 100 Гц или 20 кГц равно 20 В(ампл.). Напряжение измерено на выходе между точками out1 и out2. Выходное сопротивление подсчитывают по известной формуле

Rout(100) = RL × Vout/(Vin – Vout) = = 8 × 0,00015/(20 –0,00015) = 0,0012/20 = = 0,00006 Ом.

Rout(20k) = RL × Vout/(Vin – Vout) = 8 × × 0,0008/(20 – 0,0008) = 0,0064/20 = = 0,00032 Ом.

Несколько искажённая форма синусоиды частотой 20 кГц обусловлена фазовыми искажениями в контуре ООС, что не влияет на столь малое значение импеданса.

Понятно, что это исключительно расчётные значения.

Об элементной базе

А теперь считаю необходимым предложить ряд рекомендаций по применению современных полупроводниковых приборов и других радиодеталей в реальной конструкции высококачественного усилителя.

Операционные усилители

В качестве входного прецизионного ОУ можно рекомендовать быстродействующие LT1122, AD8610, OP42, AD845 или более дорогой OPA627, а как драйверные — LM6171, LT1122, LT1357, LT1363, OP37, AD744, AD797, AD817, AD825, AD845, AD8610, LME49710, THS4061, THS4041 или дорогой OPA637.

На самом деле не существует универсальных ОУ. Параметры ОУ в конкретной схеме применения во многом зависят от "обвязки". Некоторые ОУ, скорректированные для работы с единичным усилением, имеют недостаточные запасы устойчивости для работы в таком режиме. В ряде случаев вместо повторителя или инвертора целесообразнее их использовать с небольшим усилением, например, $K_у$ = 2...3, ослабив сигнал на входе с помощью делителя. Причём это допустимо делать только за пределами полосы звуковых частот (частотно-зависимый делитель). Некоторые ОУ из-за особенностей схемотехники входного каскада нежелательно использовать в режиме повто-

Приём статей: mail@radio.ru
Вопросы: consult@radio.ru

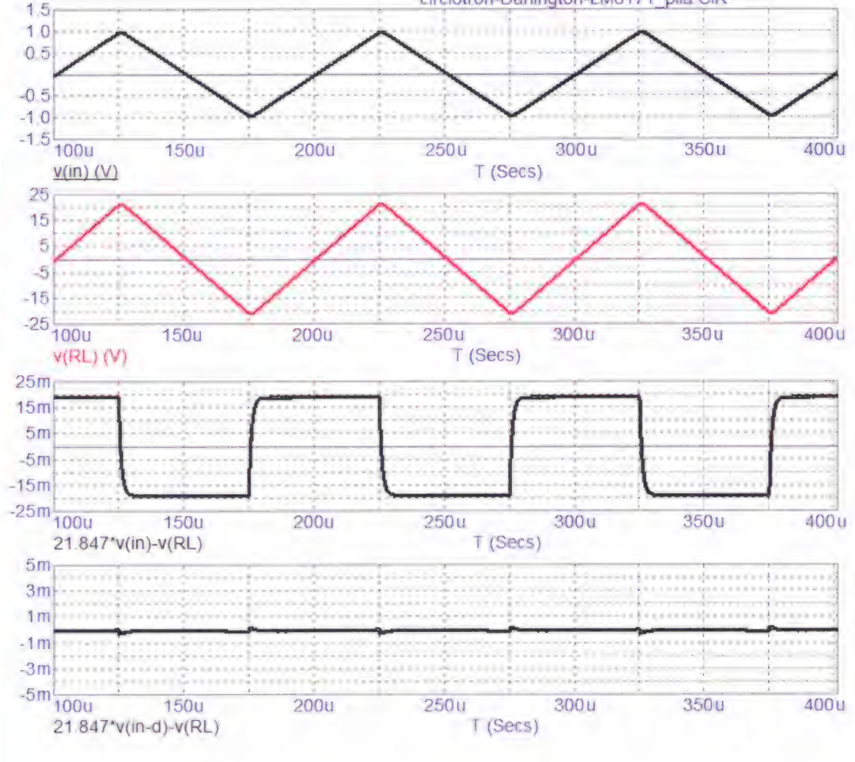


Рис. 11

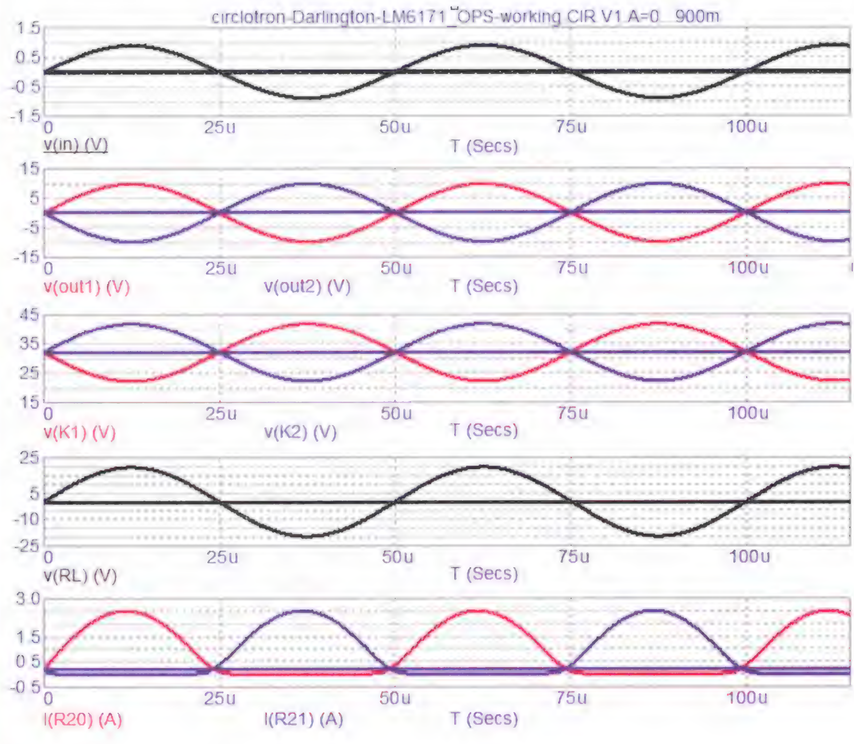


Рис. 12

рителя, а только в режиме инвертора. У некоторых ОУ слабая зависимость нелинейных искажений от сопротивления источника сигнала, у других ОУ эта зависимость носит сложный характер, и минимальные вносимые искажения достижимы только при оптимальном его значении. Причём у большинства ОУ это сопротивление близко к нулю. Некоторые ОУ (особенно с ТОС) критичны к сопротивлению резисторов цепи ООС.

У некоторых ОУ имеется существенная зависимость вносимых искажений от амплитуды выходного напряжения, когда в документации указано, что они могут работать на низкоомную нагрузку.

Поэтому вопрос выбора ОУ для конкретного применения — задача не простая. Иногда простой перестановкой ОУ добиваются оптимального выбора, но это вовсе не значит, что данная микросхема оптимальна и в других применениях.

Питание драйверов следует осуществлять раздельно через RC-фильтры с сопротивлениями по 2...10 Ом и конденсаторами, установленными вблизи корпуса ОУ, ёмкостью 47...100 мкФ и шунтированными на ВЧ безвыводными неполярными конденсаторами термостабильной группы NP0 или COG ёмкостью 0,1 мкФ. Рекомендуется также придерживаться рекомендаций, указанных в техдокументации на конкретные ОУ.

Резисторы

Наибольшее распространение получили непроволочные резисторы. В зависимости от токопроводящего материала непроволочные резисторы делят на группы: углеродистые (С1), металлоплёночные и металлооксидные (С2), а также композиционные (С3, С4).

Наиболее распространённые резисторы устаревших типов с проволочными выводами отечественного производства: МЛТ — металлоплёночные лакированные теплостойкие; ОМЛТ — повышенной надёжности; МТ — металлоплёночные теплостойкие; МГП — металлоплёночные герметизированные прецизионные; ВС — углеродистые; КИМ, ТВО — композиционные.

Из зарубежных выводных резисторов можно упомянуть металлоплёночные резисторы общего применения MFR, RNF, ERG, HHV, а также прецизионные серий MFP, RTF, MS и др.

Основные параметры, на которые следует обращать внимание при выборе типа, — это температурный коэффициент сопротивления (ТКС), вносимые шумы, точность и стабильность во времени. Этим требованиям в значительной степени удовлетворяют прецизионные резисторы. В **таблице** приведены некоторые типы отечественных резисторов и их зарубежные аналоги.

Наиболее распространённые резисторы общего применения выпускают с допусками ±5, ±10 и ±20 %. Прецизионные и относимые к этой группе резисторы имеют допуски ±0,1, ±0,2, ±0,5, ±1, ±2 %. В настоящее время возможные допуски сократились до ±0,01 %!

В нынешнее время производится большое разнообразие безвыводных резисторов, в основном это металлоплёночные резисторы. В корпусе MELF (цилиндрические безвыводные) производятся резисторы двух типов: в корпусе синего цвета — прецизионные металлоплёночные резисторы

Тип (серия)	Зарубежный аналог	Диапазон сопротивлений	Номин. мощность рассеяния, Вт	Примечание, (ТКС)*
Резисторы непроволочные общего применения				
С1-4	CF, CFR, CR	1 Ом — 22 МОм	0,125 — 0,5	Углеродистые
С2-10	—	1 Ом — 9.8 кОм	0,125 — 2	Безындуктивные ВЧ-резисторы
С2-23	MFR, RNF	1 Ом — 22 МОм	0,062 — 0.5	Металлодиэлектрические (±50...1200 ppm/°С)
С2-33	MFR	1 Ом — 22 МОм	0,125 — 2	Высокотемпературные, взамен МТ (±100...1000 ppm/°С)
С2-33Н	MFR	0.1 Ом — 22 МОм	0,125 — 2	Высокотемпературные, взамен МЛТ (±100...1000 ppm/°С)
Резисторы непроволочные прецизионные и сверхпрецизионные				
С2-14	MFP, RN, MF	1 Ом — 5 МОм	0,125 — 2	(±15...100 ppm/°С)
С2-29В	MFP, RTF, MS	1 Ом — 20 МОм	0,062 — 2	(±5...50 ppm/°С)
С2-29С	MFP, PTF	1 Ом — 20 МОм	0,125; 0.25	Сверхпрецизионные (±5...50 ppm/°С)
С2-36	MF	1 Ом — 3 МОм	0,125; 0.25	Малогабаритные (±75...150 ppm/°С)

*Чем меньше значение ТКС, тем выше класс точности.

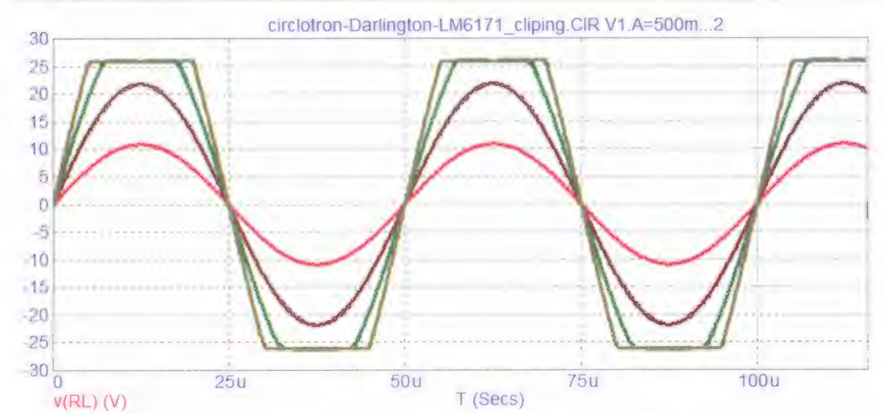


Рис. 13

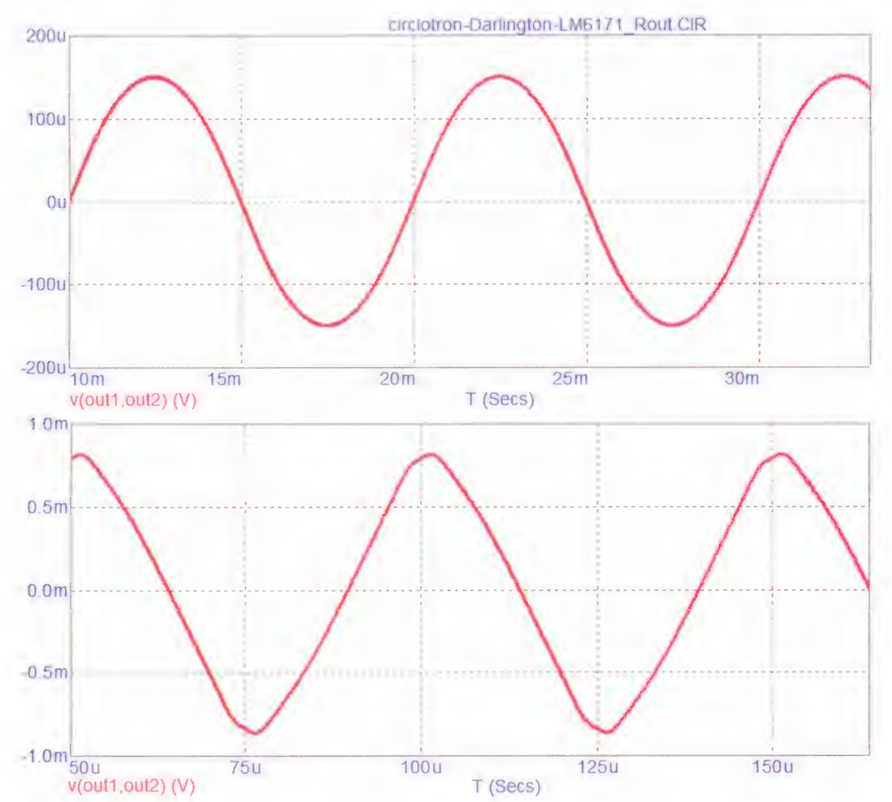


Рис. 14

серии CSR (Metal Film Precision Resistor); в корпусе жёлтого цвета — углеродистые резисторы серии CFS (Carbon Film Resistor).

Применяемые резистивные материалы, как правило, различные. Они состоят из одного или нескольких керамических (металлокерамических) проводников, таких как нитрид тантала (TaN), оксид рутения (RuO_2), оксид свинца (PbO), рутенат висмута ($Bi_2Ru_2O_7$), никель-хром (NiCr) или висмут иридия (Bi_2Ir2O_7).

ОАО "НПО ЭРКОН" представил новый тип прецизионных тонкоплёночных безвыводных резисторов — Р1-81. Эта разработка продолжает ряд выпускаемых предприятием тонкоплёночных прецизионных резисторов Р1-8МП, Р1-16, Р1-16П. Конструктивно резистор Р1-81 представляет собой прямоугольный корпус (чип), соответствующий международному размерному ряду (типоразмеры 0805 и 1206), с охватывающими контактами.

Среди зарубежных производителей можно отметить такие фирмы, как Vishay, Dale, Yageo, Caddock, Richen Ohm, Royal Ohm, Viking, Arcol.

Немного об основных свойствах фольговых резисторов производства Vishay. На сегодняшний день фольговые резисторы превосходят резисторы других типов по точности, стабильности и надёжности. Всё это стало возможным благодаря уникальной конструкции, включающей использование специального резистивного сплава (C-Foil, K-Foil, а с 2000 г. — Z-Foil), которые обеспечивают предельно низкие температурные и мощностные коэффициенты сопротивления (ТКС и МКС меньше 10 ppm/°С). К таким резисторам относятся высокоточные выводные резисторы (Through-Hole) серии MPR24, высокоточные безвыводные резисторы (Surface-Mount) серии MCX.

В новых прецизионных тонкоплёночных безвыводных резисторах серии АРС от компании Arcol благодаря использованию передовой тонкоплёночной технологии достигнуты исключительно малые допуски отклонения от номинала — ±0,01 %. Резисторы этой серии выпускают сопротивлением от 1 Ом до 3 МОм с очень малым ТКС, вплоть до ±2 ppm/°С. Они обладают высокой стабильностью и низким уровнем шумов, а также способны рассеивать относительно большую мощность.

В тонкоплёночных прецизионных резисторах MRA (с выводами) от компании британской компании Arcol resistors плёнки нанесены на стержень из оксида алюминия, а затем покрыты эпоксидной смолой, что допускает эксплуатацию в жёстких условиях.

На практике резисторы выбирают по сопротивлению, номинальной мощнос-

Приём статей: mail@radio.ru
Вопросы: consult@radio.ru

ти и допуску. В звукотехнике применяют в основном металоплёночные и металлооксидные резисторы. Следует избегать использования углеродистых резисторов С1-4 и им подобных, обладающих высоким ТКС и повышенным уровнем шумов. Для усилителей с очень малыми искажениями и шумами предпочтение следует отдавать прецизионным резисторам.

Следует отметить, что многие производители аудиотехники в погоне за прибылью использовали дешёвые резисторы общего применения (в том числе углеродистые) низкого качества. Только замена таких резисторов на металлоплёночные в винтажных усилителях часто даёт ощутимый прирост качества звукоусиления.

Применительно к усилителю по представленной здесь схеме резисторы R17—R19 следует взять номинальной мощностью не менее 0,5 Вт, резисторы R20, R21 — 2 Вт, остальные резисторы — 0,125 Вт.

Конденсаторы

Из оксидных конденсаторов популярна продукция таких фирм, как Elna, Rubycon, Nichicon, Rifa, Epcos, Panasonic. Среди этих брендов следует обратить внимание на Elna Cerafine, Elna Silmic, Rubycon Black Gate, Rifa PHE, Panasonic FA (FC, HFQ). Слух искушённых аудиофилов очень чувствителен к наличию недостаточно качественных неполярных конденсаторов в звуковых цепях. Среди неполярных у них наиболее популярны полипропиленовые плёночные конденсаторы (MKP, FKP, KP, MPR) фирмы Wima и других. Есть много плёночных конденсаторов, разработанных специально для аудиотехники: MultiCap, SuperCap, AuriCap, Mylar и др.

Безвыводные конденсаторы для поверхностного монтажа — в основном керамические, в сигнальных цепях УЗЧ допустимо применять только однослойные термостабильной группы NP0 или COG либо специальные полимерные, в частности, полифенилсульфидные.

Транзисторы

Возвращаясь к реализации описываемого здесь усилителя, в качестве транзисторов Q2, Q3 можно использовать любые маломощные транзисторы с частотой единичного усиления не менее 60 МГц.

В качестве выходных транзисторов можно использовать составные транзисторы Дарлингтона 2SD2561, 2SD2449, MJ11032, TIP142, MJH6284, КТ827А, КТ8158В, КТ8225А. Транзистор 2SK170 можно заменить на КП303Е, КП303А и их аналоги.

О конструкции УМЗЧ и налаживании

При разработке печатной платы следует учитывать особенности применяемых ОУ и выполнять требования к организации питания, оговоренные в документации на ОУ.

С целью улучшения термостабилизации тока покоя выходного каскада транзисторам Q2, Q3 необходимо обеспечить тепловой контакт с мощными транзисторами или теплоотводом.

Налаживание усилителя сводится к установке тока покоя в пределах 220...240 мА резистором R9, предварительно установив его движок в левое по схеме положение. Окончательную установку тока производят в прогретом усилителе. Если теплоотводы не позволяют использовать такой ток покоя, то снижение его в два раза (до 100...120 мА) ненамного ухудшит субъективное качество звучания.

Об источниках питания

Для реализации рассчитанных параметров представленного УМЗЧ необходимо обеспечить его высококачественным питанием. Один из вариантов — это использование маломощного сетевого трансформаторного блока для питания ОУ драйверов, а для изолированных источников напряжения выходного каскада целесообразно применить импульсные блоки питания (ИБП). На эту тему есть ряд публикаций в журнале "Радио".

Сегодня существует много специализированных микросхем, которые можно использовать в ИБП. Наиболее популярны микросхемы FAN7621, IR2153, IR2161. Например, микросхема IR2161 имеет встроенную защиту и обеспечивает мягкий запуск (старт). С примерами практической реализации можно ознакомиться в [2]. При изготовлении трансформатора ИБП желательно сделать секционирование обмоток и использовать выходные обмотки без средней точки.

Для питания ОУ драйверов можно сделать отдельный маломощный обратноходовой ИБП на специализированных микросхемах, таких как TinySwitch Family, TopSwitch Family, VIPer, LYTSwitch, PeakSwitch Family и др.

Для расчёта элементов ИБП рекомендуется использовать свободно распространяемые программы, которые можно скачать из Интернета и развести плату согласно рекомендациям в документации или программе PI Expert. С примерами работы с ней можно ознакомиться в [3].

Следует иметь в виду, что обратноходовые источники нельзя перегружать и включать без нагрузки. Хотя в микросхеме имеются защиты, но лучше этим не злоупотреблять. Для оптимизации работы преобразователя иногда вынуждены прибегать к небольшой постоянной нагрузке.

ЛИТЕРАТУРА

1. **Петров А.** Исследование модели УМЗЧ (цирклотрон на ОУ и транзисторах). — Радио, 2018, № 7, с. 21—23.

2. Импульсный источник питания для УМЗЧ на IR2161 SE [2017]. — URL: **http://cxem.net/pitanie/5-345.php** (09.06.18).

3. Импульсный блок питания своими руками. — URL: **http://electe.blogspot.com.by/2014/05/blog-post.html** (09.06.18).

НОВОСТИ ВЕЩАНИЯ

Раздел ведёт В. ГУЛЯЕВ, г. Астрахань

РОССИЯ

МОСКВА. Радиостанция "Народное радио", длительное время отсутствовавшая в эфире Москвы и Подмосковья из-за финансовых проблем, с 17 июля возобновила своё вещание на частоте 612 кГц. Этому предшествовала тестовая трансляция в течение недели в виде русской народной музыки и анонсов. Время вещания: с 04.00 до 16.00.

"Народное радио" начало вещание 14 октября 1997 г. в г. Москве в диапазоне средних волн. В сетке вещания станции уделяется большое внимание познавательной, экономической, социальной, культурной и другой актуальной информации, интересным публикациям в свежей прессе, интервью знаменитостей и высказываниям обывателей; пастырскому слову священнослужителей, полезным советам педагогов, юристов, врачей, психологов (источник — URL: **http://www.narodnoe-radio.ru/adt/druzya-narodnoe-radio-vozobnovilo-svoye-veshchanie-na-chastote-612-mgts.html** (23.07.18)).

САНКТ-ПЕТЕРБУРГ. 27 июня по итогам конкурса Роскомнадзора на получение права осуществления наземного эфирного вещания радиостанцией "Хит FM" (учредитель ЗАО "Корпорация "Радио-Арт") получена новая частота — 92,4 МГц (мощность передатчика — 1 кВт).

До сегодняшнего дня из всех пяти радиостанций ЗАО "Русская Медиагруппа" только "Хит FM" оставалась не представленной в Санкт-Петербурге. Запуск эфира планируется весной 2019 г. (источник — URL: **http:// russianmediagroup.ru/live/thenews.asp?id=44092** (23.07.18)).

27 июня, впервые за 7 лет, в Санкт-Петербурге были разыграны радиочастоты. Победителем конкурса на частоту 92 МГц стала радиостанция "Комсомольская правда". Вещание планируется открыть до конца 2018 г. (источник — URL: **https://www.kp.ru/daily/26844/3889566/** (23.07.18)).

БАШКОРТОСТАН. Радиостанция "Новое радио" на частоте 99,8 МГц с 9 июля появилась в эфире г. Сибай (источник — URL: **https://vk.com/newradio?w=wall-106042931_436573** (23.07.18)).

ВЛАДИМИРСКАЯ ОБЛ. С 16 июля в г. Гусь-Хрустальный на частоте 107,6 МГц начала вещание радиостанция "Новое радио" (источник — URL: **https://vk.com/newradio?w=wall-106042931_439473** (23.07.18)).

ВОЛГОГРАДСКАЯ ОБЛ. 5 июля филиал РТРС "Волгоградский ОРТПЦ" перевёл радиостанцию "Радио России" на частоту 106,5 МГц (г. Михайловка) и 107 МГц (станица Клетская). Мощность передатчиков — 4 кВт (источник — URL: **http://volgograd.rtrs.ru/tv/analog/rtrs-perevel-translyatsiyu-radio-rossii-v-mikhaylovke-i-kletskoy-v-fm-diapazon/** (23.07.18)).

КЕМЕРОВСКАЯ ОБЛ. С 28 июня в г. Юрга на частоте 99 МГц началось вещание радиостанции "1-е Пионерское радио" ("Пионер FM") (источник — URL: **https://vk.com/radiopionerfm?w=wall-26424819_63702** (23.07.18)).

ЛЕНИНГРАДСКАЯ ОБЛ. Радиостанция "Радио родных дорог" с 9 июля начала вещание в г. Сосновый Бор на частоте 96,1 МГц (источник — URL: **https://vk.com/radiord_spb?w=wall-161713412_32** (23.07.18)).

С 4 июля эта же станция появилась в эфире г. Кириши на частоте 107,6 МГц, а с 17 июля — в г. Луге на частоте 96,6 МГц (источник — URL: **https://vk.com/radiord_spb?w=wall-161713412_31** и **https://vk.com/radiord_spb?w=wall-161713412_47** (23.07.18)).

Радиостанция "Радио родных дорог" с 22 июля звучит в г. Волхове на частоте 103,2 МГц (источник — URL: **https://vk.com/radiord?w=wall-143202128_4910** (23.07.18)).

НОВОСИБИРСКАЯ ОБЛ. 1 июля филиал РТРС "Сибирский РЦ" начал трансляцию программ "Радио 54" в населённых пунктах Баган (частота вещания — 103,1 МГц), Татарск (частота вещания — 104,5 МГц) и Черепаново (частота вещания — 104,8 МГц).

"Радио 54" — единственная радиостанция Новосибирской области с собственным круглосуточным вещанием в г. Новосибирске и в крупных населённых пунктах региона: Куйбышеве, Карасуке, Краснозерском, Маслянино, Тогучине, Ордынском, Болотном и Мошково (источник — URL: **http://novosibirsk.rtrs.ru/tv/analog/rtrs-nachal-translyatsiyu-radio-54-v-bagane-tatarske-i-cherepanovo/** (23.07.18)).

ОРЛОВСКАЯ ОБЛ. С 1 июля в г. Орле началась трансляция программ радиостанции "Radio Energy" на частоте 101,4 МГц. Это — популярный европейский бренд. Под названием "Radio NRJ" вещают станции в 28 странах мира (источник — URL: **https://vk.com/clubrafmedia?w=wall-96276987_278** (23.07.18)).

ТУЛЬСКАЯ ОБЛ. В конце июня в г. Туле на частоте 91,7 МГЦ началось вещание радиостанции "Мир". Станцию можно услышать более чем в 50 городах России, в её эфире звучат не только самые свежие новости, но и развлекательные хиты и программы. "Мир" позиционирует себя как радио добрых соседей и крепких семей (источник — URL: **http://newstula.ru/fn_379668.html** (23.07.18)).

ЧЕЛЯБИНСКАЯ ОБЛ. Радиостанция "Искатель" с 1 июля звучит в эфире городов Златоуст (частота вещания — 104,7 МГц) и Миасс (частота вещания — 105,1 МГц) (источник — URL: **https://vk.com/chelradiotv?w=wall-18520524_29752** (23.07.18)).

НОВОСТИ СЕТЕВЫХ РАДИОСТАНЦИЙ

За первое полугодие 2018 г. общее число городов вещания радиостанций холдинга "Krutoy Media" увеличилось на 17.

Филиалы радиостанции "Love Radio" открылись в городах Ростове-на-Дону, Улан-Удэ и Магнитогорске. К сети регионального вещания станции также присоединились города Удомля, Великие Луки, Чехов, Михайловск, Анапа.

Филиалы радиостанции "Радио Дача" начали работу в городах Курган, Бийск и Владимир. Радиостанцию также включили в городах Кинешма, Белая Калитва, Великие Луки, Пугачёв и Выкса.

К региональной сети вещания "Восток FM" присоединился г. Воронеж.

В марте 2018 г. в управление холдинга "Krutoy Media" перешла радиостанция "Радио Русский Хит", которая вещает в Москве на частоте 99,6 МГц, а также в Анапе на частоте 104,5 МГц.

Кроме того, с начала года ООО "Лав Радио сеть" ("Love Radio") получило право осуществлять наземное эфирное радиовещание в городах Барнаул, Набережные Челны, Нижнекамск, Пермь, Салават и Стерлитамак. Вещание радиостанции здесь начнётся в ближайшее время (источник — URL: **http://www.krutoymedia.ru/news/5448.htm** (23.07.18)).

ТЕЛЕВИДЕНИЕ

С января 2019 г. Российская Федерация планирует полностью перейти на цифровое эфирное телевещание.

В соответствии с федеральной целевой программой "Развитие телерадиовещания в Российской Федерации на 2009—2018 годы" в России силами РТРС создаётся сеть цифрового эфирного (наземного) телевещания, транслирующая два мультиплекса по десять каналов в каждом, а также три радиоканала с охватом более 98 % населения России.

Первый мультиплекс составляют общероссийские обязательные общедоступные телеканалы, перечень которых определён Указом Президента Российской Федерации от 24.06.2009 № 715.

Второй мультиплекс составляют обязательные общедоступные телеканалы, выбранные на основании конкурса, проведённого Федеральной конкурсной комиссией по телерадиовещанию.

Полностью сеть будет введена в эксплуатацию после завершения строительства всех объектов в конце 2018 г.

Для 1,6 % населения, проживающего вне зоны эфирного наземного вещания, будет обеспечена возможность приёма программ с использованием системы непосредственного спутникового вещания (источник — URL: **http://moscow.rtrs.ru/press/announcements/k-voprosu-informirovaniya-telezriteley-ob-ispolzovanii-analogovogo-telesignala/** (23.07.18)).

***Примечание**. Время всюду — UTC. Время MSK = UTC + 3 ч.*

Приём статей: mail@radio.ru
Вопросы: consult@radio.ru

ЗАРУБЕЖНОЕ ВЕЩАНИЕ

БЕЛЬГИЯ. Радиостанция "RTBF International" изменила время вещания на французском языке на частоте 621 кГц с 04.00 до 18.05 (ранее — с 03.00 до 22.10).

Сайт станции <**https://www.rtbf.be/radio/**>. Для вещания используется передатчик мощностью 300 кВт, транслируются программы "La Premiere" и "Viva Cite", которые в настоящее время и составляют содержание "RTBF International". В ближайшие месяцы станция будет закрыта полностью. Официальная стратегия предполагает перевод трансляций в формат DAB+ (источник — URL: **https://www.rtbf.be/radio/actualite/detail_evolution-des-modes-de-%20diffusion-radio-la-rtbf-prepare-la-fin-de-la-diffusion-en-ondes-moyennes-%20am-de-la-premiere-et-de-vivacite?id=9948700** (23.07.18)).

КАЗАХСТАН. С 1 июля радиостанцию "Радио Дача" можно услышать в Казахстане. К региональной сети вещания станции присоединились сразу десять городов: Астана (частота вещания — 107,3 МГц), Алматы (частота вещания — 91,3 МГц), Актобе (частота вещания — 104,3 МГц), Караганда (частота вещания — 104,4 МГц), Кокшетау (частота вещания — 106,5 МГц), Кызылорда (частота вещания — 101,4 МГц), Павлодар (частота вещания — 102,9 МГц), Уральск (частота вещания — 103,3 МГц), Усть-Каменогорск (частота вещания — 102,3 МГц), Шымкент (частота вещания — 100,3 МГц) (источник — URL: **http://www.krutoymedia.ru/news/5452.htm** (23.07.18)).

ПОЛЬША. 25 июня начала вещание в цифровом формате радиостанция "Польское радио Литература". Это новый канал главной радиостанции страны, миссия которого — ввести слушателя в атмосферу предстоящего фестиваля "Два театра", проводимого Театром Польского радио и Театром Польского телевидения.

В рамках подготовки к фестивалю "Два театра" в Сопоте "Польское радио Литература" представляет слушателям поэзию, прозу и театральные радиопьесы на основе польской и зарубежной литературы. Радиоканал вещал до 8 июля. На постоянной основе эта цифровая радиостанция начнёт работать с 11 ноября. "Польское радио Литература" можно слушать в формате DAB+, Интернете и через мобильное приложение "Польского радио" (источник — URL: **http://radiopolsha.pl/6/139/Artykul/369941** (23.07.18)).

США. Радиостанция "Radio Free Europe"/"Radio Liberty" (RFE/RL), финансируемая Конгрессом США, объявила о планах возрождения новостных служб и возврате трансляций на Румынию и Болгарию. Напомню, что ранее станция прекратила работу для Болгарии в 2004 г., а для Румынии — в 2008 г., после их вступления в НАТО и ЕС. В анонсе говорится о старте проекта с декабря 2018 г. (источник — URL: **https://www.euractiv.com/section/global-europe/news/radio-free-europe-resumes-broadcasts-for-bulgaria-romania/** (23.07.18)).

ФИЛИППИНЫ. На частотах известной всей Юго-Восточной Азии коротковолновой радиостанции "Radio Veritas Asia" (RVA) поздним вечером 30 июня прозвучала последняя программа. Решение о создании отдельной радиостанции для трансляции религиозных программ народам Юго-Восточной Азии было принято в декабре 1958 г., однако в силу разных причин полноценное вещание началось только в конце 1986 г.

В свои лучшие годы RVA на коротких волнах вещала на 15 различных языках народов Азии, в том числе и на русском. Преимущественная их часть предназначалась для католиков, но в то же время транслировались программы для буддистов, мусульман и христиан. Общее время вещания в течение суток составляло 26 с половиной часов.

Тестовое вещание на русском языке началось в октябре 1989 г., а регулярное — с 1 декабря того же года. Программы на русском языке готовились совместно двумя российскими радиостанциями: католической "Благовест" и православной "София" (по полчаса каждая). Выходили они в эфир два раза в сутки, утром и вечером — для азиатской части СССР. Радиостанция "Radio Veritas Asia" прекратила трансляции на русском языке с 1 января 2011 г. Причины этого решения — проблема с финансированием.

На сегодняшний момент передатчики станции, расположенные в джунглях Филиппин, отключены и их дальнейшая судьба неизвестна.

Студия, в которой создавалось большинство программ и откуда велось общее управление, находится в местечке Quezon City, Metro Manila (в тексте для исключения искажений отсутствует перевод некоторых названий на русский язык). Известно, что сложное студийное оборудование и само здание останутся нетронутыми, здесь будут записываться программы на китайском языке для распространения через Интернет и на филиппинском для распространения через смартфоны. Сайт радиостанции <**http://www.rveritas-asia.org/**> существует, там можно увидеть, на каких языках Азии (а их по-прежнему много) готовятся программы для прослушивания онлайн.

Хорошего приёма и 73!

Широтно-импульсная модуляция в Raspberry Pi

А. ШИТОВ, г. Амстердам, Нидерланды

Микрокомпьютеры Raspberry Pi имеют возможность генерировать широтно-модулированные сигналы. В этой статье автор рассматривает два подхода к генерированию таких импульсов — использование встроенных аппаратных ШИМ-контроллеров и создание ШИМ-сигналов программными средствами — и описывает два варианта регуляторов (диммеров).

Широтно-модулированные сигналы удобно применить, например, для управления яркостью ламп или шаговым двигателем. Конструкции на основе Raspberry Pi позволяют использовать встроенные средства "системы на кристалле" и получить широтно-модулированный сигнал без каких-либо дополнительных внешних компонентов.

Аппаратная генерация

Микросхемы BCM2835—BCM2837, на основе которых собраны микрокомпьютеры Raspberry Pi, имеют двухканальный генератор ШИМ-сигналов, частота и скважность импульсов которых настраиваются программно. В частности, аудиовыход (выведенный на разъём 3,5 мм) использует оба канала для формирования стереофонического аудиосигнала. Однако ШИМ-генераторы можно использовать и для других нужд.

Дальнейшее описание подразумевает, что в конфигурации Raspberry Pi отключён аудиоканал и включены оба канала ШИМ. В файле /boot/config.txt должны быть, например, такие строки:

```
dtoverlay=pwm-2chan
#dtparam=audio=on
```

Знак # в начале строки означает, что эта строка закомментирована.

Выходы встроенных ШИМ-контроллеров могут быть выведены на какой-либо вывод GPIO, переключённый в один из альтернативных режимов. Особенности коммутации таковы, что только некоторые из выводов GPIO могут служить выходами генераторов ШИМ. В **таблице** показаны все допустимые комбинации и указан альтернативный режим, в который должен быть переведён вывод GPIO. Номера

Выход GPIO	Режим для вывода канала PWM0	Режим для вывода канала PWM1
12	ALT0	—
13	—	ALT0
18	ALT5	—
19	—	ALT5
40	ALT0	—
41	—	ALT0
45	—	ALT0
52	ALT1	—
53	—	ALT1

Приём статей: mail@radio.ru
Вопросы: consult@radio.ru

ШИМ-каналов начинаются с нуля: PWM0 и PWM1 (PWM — pulse width modulation).

Как видно из таблицы, функции аппаратного ШИМ доступны только на выходах GPIO12, GPIO13, GPIO18, GPIO19, GPIO40, GPIO41, GPIO45, GPIO52 и GPIO53. При этом в Raspberry Pi 1—Raspberry Pi 3 и Raspberry Zero доступны первые четыре выхода из этого списка (GPIO12, GPIO13, GPIO18 и GPIO19), а в Compute Module дополнительно ещё три (GPIO40, GPIO41 и GPIO45). На GPIO с чётными номерами может быть выведен только канал PWM0, а на GPIO с нечётными номерами — только PWM1.

Обратите внимание, что, независимо от коммутации GPIO, контроллеров ШИМ всего два. Поэтому, например, если перевести GPIO12 в режим ALT0, а GPIO18 в режим ALT5, то оба выхода окажутся подключёнными к одному и тому же генератору ШИМ.

Рассмотрим минимальную программу на языке C, с помощью которой можно получить на выходе широтно-модулированный сигнал. Программа использует библиотеку libbcm2835 (см. [1]). Ниже приведены фрагменты кода, а полная программа доступна в репозитории [2] в файле pwm0.cpp. Запускать программу следует от имени суперпользователя:

```
sudo ./a.out
```

Прежде всего необходимо перевести выход GPIO в режим работы с каналом PWM0:

```
int pin = 18;
bcm2835_gpio_fsel(pin,
 BCM2835_GPIO_FSEL_ALT5);
```

Далее устанавливают коэффициент деления задающего генератора (1024 в этом примере):

```
int divisor = 1024;
bcm2835_pwm_set_clock(divisor);
```

Теперь необходимо определиться с режимом формирования ШИМ. Их два, мы их рассмотрим чуть позже, а пока активируем режим 1 (этот режим называется Mark-Space). Номер режима указан во втором параметре функции bcm2835_pwm_set_mode; третий параметр разрешает генерацию сигнала:

```
int channel = 0;
bcm2835_pwm_set_mode(channel, 1, 1);
```

Наконец, устанавливаем параметры самого ШИМ-сигнала — длину цикла и длительность высокого уровня:

```
int range = 1000;
int data = 300;
bcm2835_pwm_set_range(channel,
 range);
bcm2835_pwm_set_data(channel, data);
```

В этом примере цикл будет состоять из 1000 отсчётов, в течение 300 из которых на выходе присутствует высокий уровень.

Задающий генератор работает на частоте 19,2 МГц. При делении на 1024 получается 18,75 кГц, т. е. минимальный временной отсчёт составляет примерно 53,3 мкс. 300 таких отсчётов будут выводить единицу, а 700 — нули. Таким образом, полный цикл повторится через 53,3 мс, что соответствует частоте 18,75 Гц. Осциллограмма сигнала с вывода GPIO18 показана на **рис. 1**. Мерцание светодиода, подключённого (через токоограничительный резистор) к выводу GPIO18, будет заметно невооружённым глазом.

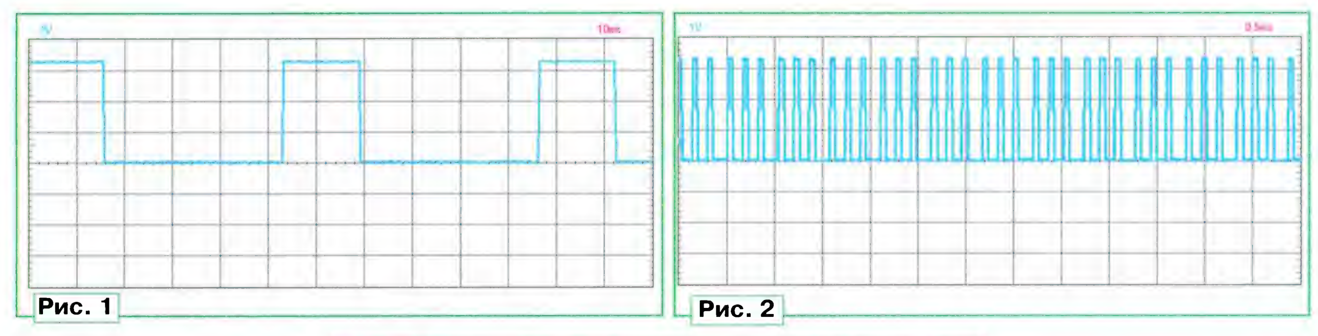


Рис. 1

Рис. 2

Теперь переключим генератор в режим по умолчанию (режим 0, Balanced), не изменяя при этом остальные параметры:

```
bcm2835_pwm_set_mode(channel, 0, 1);
```

В этом случае рабочий цикл, соответствующий частоте 18,75 кГц, состоит из относительно равномерно распределённых коротких импульсов. Осциллограмма такого сигнала показана на **рис. 2**. Обратите внимание на другой масштаб по оси времени (он указан в верхней правой части графика) и на то, что импульсы не всегда следуют равномерно. Суммарное время, в течение которого на выходе присутствует высокий уровень, по-прежнему равно 300/1000, как и в предыдущем примере, но мерцание светодиода уже не будет заметно.

Важно отметить, что ШИМ-генераторы управляются от одного источника, поэтому установка частоты влияет на оба канала. Однако интервал (range) и уровень заполнения (data) могут быть настроены независимо. Например, на **рис. 3** показана ситуация, когда PWM0 формирует импульсы 300/1000 (синяя линяя), а PWM1 — 50/300 (красная линия). Оба генератора находятся в режиме Mark-Space. Второй генератор подключён к выводу GPIO19, полная программа для его настройки находится в файле pwm1.cpp.

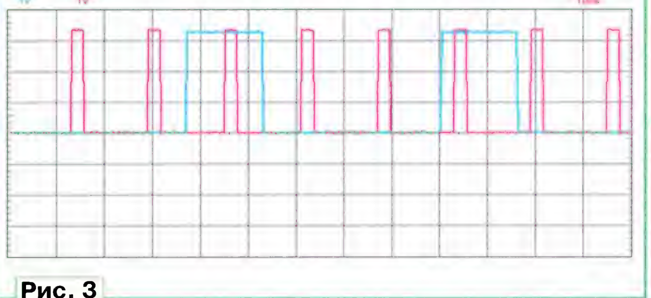


Рис. 3

Программная генерация

Второй вариант формирования ШИМ-сигналов — полностью программный. В программе создаётся цикл, который отсчитывает время и переводит соответствующий выход GPIO либо в единичное, либо в нулевое состояние.

Доступные библиотеки способны программно эмулировать широтно-импульсную модуляцию. В частности, — библиотека RPi.GPIO, написанная на языке Python [3].

Выбранный GPIO переводится в режим вывода (здесь номер 12 соответствует физическому номеру контакта GPIO18):

```
GPIO.setmode(GPIO.BOARD)
GPIO.setup(12, GPIO.OUT)
```

Затем устанавливают параметры модуляции — частоту (500 Гц) и процент заполнения (30):

```
p = GPIO.PWM(12, 500)
p.start(30)
```

Для завершения генерации необходимо вызвать следующий метод:

```
p.stop()
```

Полный пример находится в программе soft-pwm.py.

Преимущество такого метода заключается в том, что возможно использовать любой из доступных выводов GPIO для получения независимого канала ШИМ. Кроме того, выводы не используют встроенные ШИМ-контроллеры, поэтому остаётся возможность генерировать звук (см., например, в [4]).

Однако существенным недостатком является невозможность точного контроля частоты формируемого сигнала. Если подключить осциллограф к выходу, можно сразу увидеть нестабильность: длительность импульсов и пауз,

Приём статей: mail@radio.ru
Вопросы: consult@radio.ru

хоть и незначительно, но постоянно меняется даже при отсутствии нагрузки на процессор. Обмен данными по сети или сложные вычисления ещё более ухудшают качество сигнала.

Ещё одно важное отличие — при использовании аппаратных ресурсов задача программы состоит лишь в том, чтобы записать в управляющие регистры соответствующие значения. После этого контроллер продолжает формировать сигнал самостоятельно. Программная же реализация требует постоянно запущенной программы — это может быть и единственный скрипт, как в вышеупомянутом примере, и демон, работающий в памяти отдельно от основного приложения.

Прежде чем мы сможем продолжить, необходимо сделать отступление и рассмотреть малоизвестные особенности работы GPIO в режиме чтения.

Входной гистерезис GPIO

В документации [5] к "системе на кристалле" BCM2835 упоминаются триггеры Шмитта, которые могут быть программно активированы для каждого входа GPIO. Чуть более подробную информацию можно найти в дополнительном документе [6], однако в нём речь идёт не про триггер Шмитта, а про управление гистерезисом. Попробуем разобраться и выяснить подробности.

Активирование режима гистерезиса на входе контролирует третий разряд трёх регистров PADS, отвечающих за входы GPIO0—GPIO27, GPIO28—GPIO45 и GPIO46—GPIO53. Гистерезис на входе включён, если в этот разряд записана единица. Таким образом, все входы GPIO объединены в три группы, в пределах которых изменение режима происходит одновременно.

Чтение из регистров не представляет сложности:

```
uint32_t* gpioBASE =
 bcm2835_regbase
(BCM2835_REGBASE_GPIO);
uint32_t pads = bcm2835_peri_read
(bcm2835_pads +
 BCM2835_PADS_GPIO_0_27 / 4);
cout << bitset<32>(pads) << endl;
```

Нас интересует только третий разряд. Для записи, однако, необходимо в старшие разряды занести значение 0x5A — это своего рода пароль от случайных изменений. В следующем фрагменте показан алгоритм установки третьего разряда в регистре, отвечающего за входы 0—27:

```
uint32_t new_pads = pads;
new_pads |= 1UL << 3;
new_pads &= 0x00FFFFFF;
new_pads |= 0x5A000000;
bcm2835_peri_write(bcm2835_pads +
 BCM2835_PADS_GPIO_0_27 / 4,
 new_pads);
```

Для отключения гистерезиса запишите в третий разряд ноль, для этого строку

```
new_pads |= 1UL << 3;
```

следует заметить такой:

```
new_pads &= ~(1UL << 3);
```

Полная программа находится в файле hysteresis.cpp [2].

Чтобы получить передаточную характеристику, были проведены измерения по простой схеме, показанной на **рис. 4**. Переменным резистором изменяют напряжение на входе GPIO в

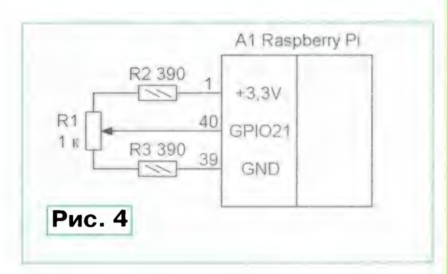


Рис. 4

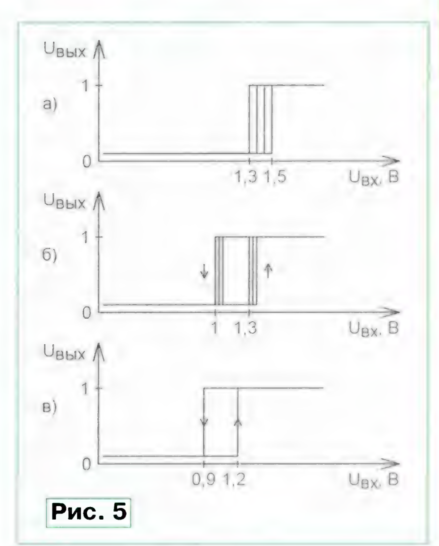


Рис. 5

пределах 0,7...2,6 В. Логическое состояние входа отслеживается с помощью несложной программы (см., например, файл 2-level.cpp из [1]).

При выключенном гистерезисе переключение между логическими нулём и единицей происходит при входном напряжении около 1,3...1,5 В (**рис. 5**,а). Отчётливо видно, что при плавном изменении входного напряжения переменным резистором вход переключается несколько раз, получая стабильное значение, когда входной сигнал выходит за пределы указанного интервала.

При включённом же гистерезисе картина несколько меняется (рис. 5,б). Теперь переключение в ноль происходит при снижении напряжения меньше 1 В, а переключение в единицу — когда напряжение превышает 1,3 В. Однако, к сожалению, при обеих сменах состояния по-прежнему наблюдаются нестабильные области, когда состояние входа многократно изменяется.

Чтобы улучшить ситуацию, достаточно добавить на вход настоящий триггер Шмитта, например, по схеме на **рис. 6**.

Передаточная характеристика такого варианта показана на рис. 5,в — теперь изменение состояния происходит однозначно и без "дребезга".

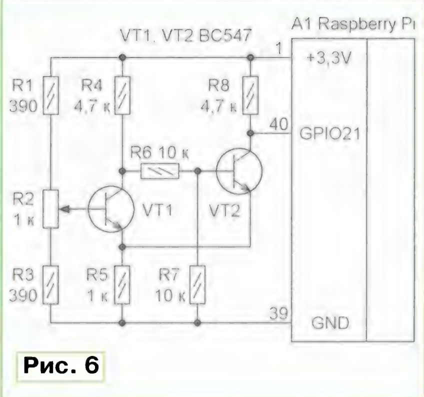


Рис. 6

Регулятор (диммер) для светодиодной ленты

Применим рассмотренную теорию на практике. На **рис. 7** показана схема устройства управления яркостью светодиодной ленты, которая питается от источника постоянного напряжения 24 В. В разрыв плюсового провода питания установлен p-канальный полевой транзистор VT2. Светодиодную ленту подключают с соблюдением полярности к разъёму XS1.

Программа (см. файл led-dimmer.cpp [2]) формирует на выходе GPIO18 импульсы частотой около 300 Гц, скважность которых можно менять кнопками SB1 и SB2.

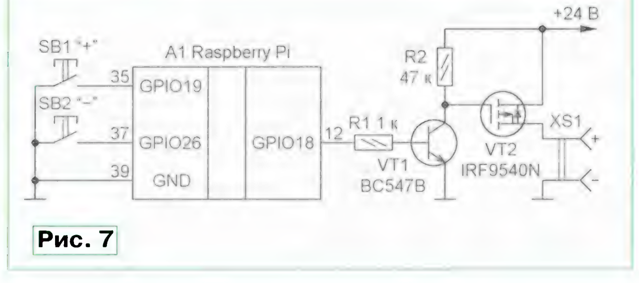


Рис. 7

В этой программе используется аппаратный ШИМ в режиме несбалансированных импульсов (это означает, например, что при коэффициенте заполнения 30 % формируется непрерывный высокий уровень в течение 30 % цикла). Весь цикл разбит на 300 шагов (т. е. значение range равно 300). При нажатии на кнопки "+" и "–" параметр data изменяется в пределах от 0 до 300, причём чем больше значение параметра, тем больше шаг изменения — этим обеспечивается более равномерное регулирование яркости во всём интервале:

```
int delta() {
    if (pwm_data < 15) return 1;
    if (pwm_data < 50) return 3;
    return 10;
}
```

Приём статей: mail@radio.ru
Вопросы: consult@radio.ru

Используя возможности Raspberry Pi как компьютера, несложно создать и веб-интерфейс для управления яркостью светодиодной ленты.

Детектор нуля

Современные модели Raspberry Pi с четырёхъядерным процессором, работающим на частоте более 1 ГГц, — довольно мощные компьютеры, которые весьма привлекательны в системах "умный дом". Однако следует помнить, что операционная система Raspbian не является системой реального времени, поэтому, например, применить Raspberry Pi для регулирования яркости лампы накаливания затруднительно — система будет непредсказуемо останавливать программу, выполняя другие действия. В качестве решения можно полностью запретить программные прерывания, однако тогда компьютер потеряет возможность общаться по сети (хотя способность управлять входами и выходами GPIO полностью сохранится). Библиотека для управления прерываниями находится по адресу [7].

Рис. 8

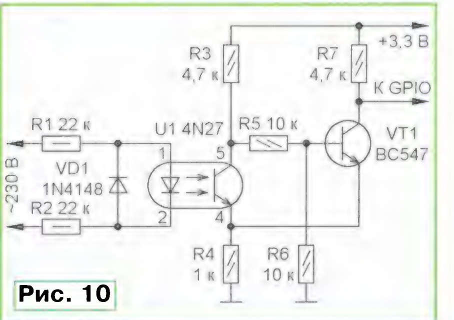
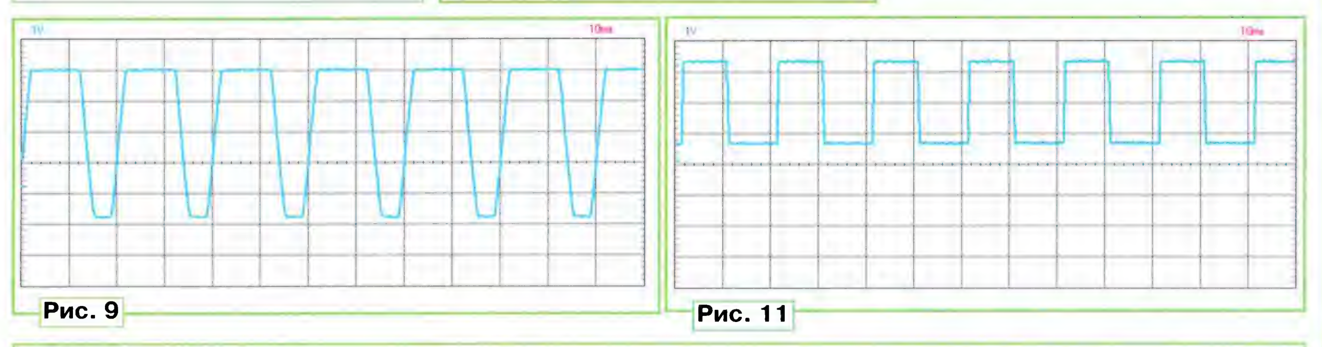


Рис. 10


Рис. 9 Рис. 11

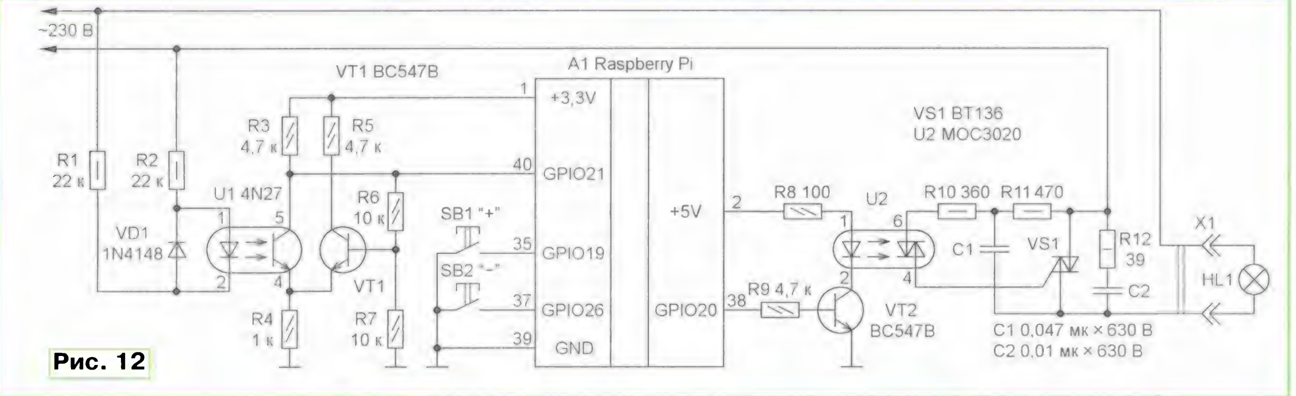


Рис. 12

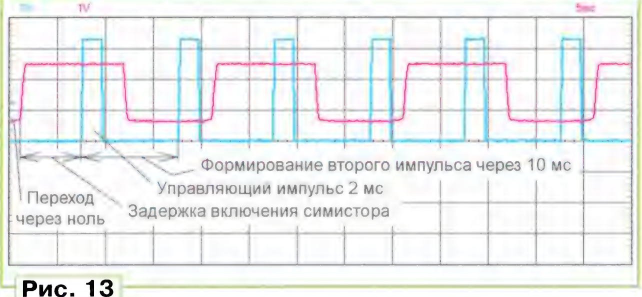


Рис. 13

Несколько лет назад, когда были доступны только Raspberry Pi первой модели, я собрал диммер на двух Raspberry Pi, которые обменивались информацией, используя несколько GPIO. Сегодня есть шанс получить работающий регулятор на одном устройстве (хотя лампы накаливания и выходят из употребления, но диммер сможет управлять и светодиодными лампами).

В устройстве управления яркостью ламп, работающих на переменном токе, часто требуется узел, определяющий момент перехода сетевого напряжения через ноль. На **рис. 8** показана первая версия детектора (не подключайте его к Raspberry Pi, не уменьшив напряжение питания до 3,3 В). Излучающий диод оптрона включается в один из полупериодов сетевого напряжения, открывая транзистор. Диаграмма выходного напряжения показана на **рис. 9**. Как видно, выходные импульсы не имеют прямоугольной формы, поэтому непосредственное управление таким сигналом входами GPIO приведёт к нечётким срабатываниям, как мы видели выше.

Для решения проблемы достаточно собрать триггер Шмитта, причём одним из транзисторов может быть транзистор оптрона. Схема, показанная на **рис. 10**, формирует прямоугольные импульсы частотой 50 Гц (**рис. 11**).

Обратите внимание, что перепады выходного сигнала не обязательно соответствуют переходу сетевого напряжения через ноль. Однако это не является проблемой, поскольку компенсацию сдвига можно переложить на компьютер.

Чтобы убедиться, что устройство работает правильно и все импульсы гарантированно считываются, запустите программу frequency.cpp. Она измеряет входную частоту, измеряя время, за которое на вход приходит 1000 импульсов. Через 20 с программа должна вывести значение частоты, близкое к 50 Гц.

Регулятор (диммер) для лампы накаливания

Используя описанные выше компоненты и выходной каскад, показанный на рис. 13 в [1], можно собрать полноценный диммер для ламп накаливания. Его схема показана на **рис. 12**. Управляющая программа — в файле bulb-dimmer.cpp [2].

Приём статей: mail@radio.ru
Вопросы: consult@radio.ru

Аналогично светодиодному диммеру управление осуществляют двумя кнопками "+" (яркость больше) и "−" (яркость меньше).

В ответ на перепад входного напряжения на входе GPIO21 программа формирует на выходе GPIO20 импульс длительностью 2 мс, необходимый для открывания симистора VS1. Импульс появляется с задержкой 0...8 мс относительно перехода сетевого напряжения через ноль. Интересная особенность этого диммера в том, что оптрон на входе формирует импульсы частотой 50 Гц, а программа формирует в ответ два импульса с интервалом 10 мс. Таким образом, нет необходимости в диодном мосте перед оптроном U1. На **рис. 13** показаны осциллограммы входного (красная линия) и выходного (синяя) сигналов.

Устройство хорошо работает, пока процессор не сильно загружен. Однако, как только Raspberry Pi получает вычислительные задачи, лампа начинает непредсказуемо мигать. Этот недостаток удаётся полностью устранить, если применить Raspberry Pi с многоядерным процессором и выделить одно из ядер исключительно под управляющую программу диммера.

В моделях Raspberry Pi, собранных на "системе на кристалле" BCM2837 (например, Raspberry Pi 3), четыре ядра, нумеруемых от 0 до 3. Чтобы выделить одно из ядер, скажем, четвёртое (с номером 3), необходимо изменить настройку операционной системы — в файл /boot/cmdline.txt следует дописать следующий параметр:

```
isolcpus=3
```

После перезагрузки компьютера это ядро не будет использоваться ни операционной системой, ни прикладными программами. В этом можно убедиться, выполнив команду

```
taskset -cp 1
```

Эта команда покажет, на каких ядрах может выполняться процесс с номером 1 (вместо этого процесса можно посмотреть любой другой процесс). Вы должны увидеть значение "0-2".

Теперь следует запустить скомпилированную программу диммера так, чтобы она работала именно на четвёртом ядре. Для этого выполните команду

```
taskset 8 ./bulb-dimmer
```

Здесь параметр "8" — битовая маска 0b1000, в которой единичные разряды соответствуют ядрам (начиная с 0), которые вы разрешаете использовать под данную задачу.

При повторении диммера возможно сделать несколько модификаций. Во-первых, вход GPIO21 подключён к коллектору транзистора оптрона U1, а не к VT1, как требует классическая схема. Это позволило получить перепад напряжения, почти совпадающий с переходом сетевого напряжения через ноль. Однако может потребоваться введение программной задержки 0...10 мс в основном цикле программы.

Во-вторых, можно ещё более усилить обособленность программы, попробовав применить обработчик прерываний и реакцию на перепад напряжения на входе GPIO (см. [1]).

Имитация ПДУ

Микрокомпьютер Raspberry Pi способен справиться ещё с одной интересной задачей — эмуляцией сигналов пультов дистанционного управления с инфракрасным каналом.

Существует готовое решение — библиотека lirc (Linux Infrared Remote Control) [8], которая позволяет записывать с пульта ИК-сигналы и воспроизводить их через один из выходов GPIO. Для записи потребуется ИК-приёмник TSOP1738. Для воспроизведения достаточно подключить через транзисторный усилитель ИК-диод (нужно лишь убедиться, что его излучение находится в диапазоне, воспринимаемом контролируемым устройством).

На странице [9] можно найти готовые файлы с командами распространённых пультов, так что самостоятельно записывать сигнал потребуется только при работе с малораспространёнными устройствами.

В состав ОС Raspbian входит программный модуль ("оверлей") для работы с lirc. Его необходимо активировать, записав следующую строку в файл /boot/config.txt:

```
dtoverlay=lirc-rpi,gpio_in_↵
pin=23,gpio_out_pin=22
```

(***Прим. ред.*** *Знак ↵ в конце строки, выделенный красным цветом, обозначает перенос. Это сделано исключительно для удобства вёрстки статьи. Следующую строку следует набрать в предыдущей строке без знака ↵).*

Здесь указано, какие выводы GPIO выбраны для работы с ИК-приёмником (gpio_in_pin) и передатчиком (gpio_out_pin).

ЛИТЕРАТУРА

1. **Шитов А.** Использование портов ввода-вывода GPIO микрокомпьютера Raspberry Pi. — Радио, 2018, № 7, с. 24—28.
2. Исходные коды к статье. — URL: **https://github.com/ash/pwm-pi** (13.06.18).
3. RPi.GPIO. — URL: **https://pypi.org/project/RPi.GPIO/** (13.06.18).
4. **Шитов А.** Микрокомпьютеры Raspberry Pi Zero и Raspberry Compute Module. — Радио, 2018, № 8, с. 28—31.
5. BCM2835 ARM Peripherals, c. 139. — URL: **https://www.raspberrypi.org/documentation/hardware/raspberrypi/bcm2835/BCM2835-ARM-Peripherals.pdf** (13.06.18).
6. GPIO pads control. — URL: **https://matt.ucc.asn.au/mirror/electron/GPIO-Pads-Control2.pdf** (16.06.18).
7. Библиотека libraspio. — URL: **https://github.com/ash/libraspio** (17.06.18).
8. LIRC. — URL: **http://www.lirc.org** (17.06.18).
9. Remotes Database. — URL: **http://lirc-remotes.sourceforge.net/remotes-table.html** (17.06.18).

Типовая схема генератора на трёх инверторах приведена на **рис. 1**, очень часто резистор R2 не устанавливают.

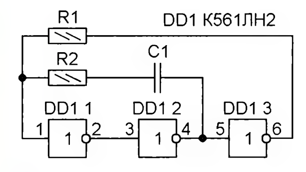


Рис. 1

Для генератора без резистора R2 и при наличии защитных диодов на входах логических элементов как на плюсовую, так и на минусовую линию питания (например, в серии К561) период колебаний T можно оценить по известной формуле

$$T = 2 \cdot R1 \cdot C1 \cdot \ln 2 \approx 1{,}4 \cdot R1 \cdot C1. \qquad (1)$$

Эта формула выведена исходя из предположения, что падение напряжения на защитных диодах намного меньше напряжения питания. В практических конструкциях падение напряжения на защитных диодах соизмеримо с напряжением питания и заметно увеличивает период колебаний относительно расчётного значения. Более того, при изменении температуры или напряжения питания влияние падения на диодах на период меняется, что приводит к нестабильности периода и частоты генерируемых колебаний.

Полная схема генератора, на котором изучалась его работа, приведена на **рис. 2**. На осциллограммах, приведённых далее, линия жёлтого цвета — форма сигнала на выходе буферного элемента DD1.4, синего — на верхнем по схеме входе (выводе 8) элемента DD1.1.

На осциллограммах (**рис. 3**) показана форма сигналов генератора без резистора R2 при напряжении питания 8 В. Видно, что в моменты переключения напряжение на входе цепи логических элементов кратковременно превышает напряжение питания (8 В) и принимает отрицательные значения на величину падения напряжения на защитных диодах, а перезарядка конденсатора C1 начинается со значений, зависящих от падения напряжения на них.

Если увеличивать сопротивление резистора R2 от нуля до одной трети сопротивления резистора R1 (33 кОм), перепад напряжения, передаваемый с выхода инвертора DD1.2 через конденсатор C1 на вход DD1.1, будет уменьшаться незначительно, поскольку он ограничен защитными диодами. Будет незначительно изменяться и период генерируемых колебаний вследствие изменения двух факторов, действующих "в разные стороны": уменьшения перепада и увеличения постоянной времени. Когда сопротивление резистора R2 приблизится к одной трети сопротивления R1, защитные диоды перестанут открываться, их влияние на период колебаний исчезнет. На **рис. 4** приведены осциллограммы для этого граничного случая.

Повышение стабильности частоты генератора на КМОП-инверторах

С. БИРЮКОВ, г. Москва

В своих разработках радиолюбители нередко используют генератор, собранный на трёх последовательно включённых инверторах. Стабильность частоты колебаний генератора можно повысить, если учесть его особенности.

При дальнейшем увеличении сопротивления резистора R2 перепад напряжения и период колебаний начнут уменьшаться значительно быстрее. На **рис. 5** приведены осциллограммы для случая, когда R2 = 0,5R1. Перепад напряжения на

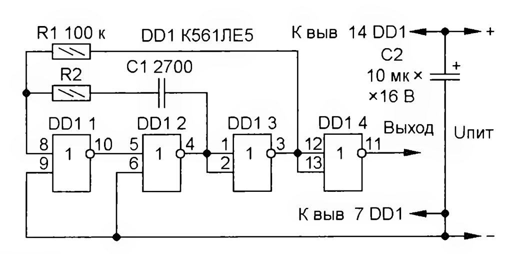


Рис. 2

входе цепи логических элементов примерно равен одной трети от напряжения питания, но на осциллограмме он несколько меньше (как и на рис. 4) из-за шунтирующего влияния входа осциллографа (его входное сопротивление — 1 МОм).

Когда сопротивление резистора R2 приближается к сопротивлению резистора R1, характер колебаний резко меняется, они становятся неустойчивыми.

Период колебаний при 0,3R1 < R2 < 0,8R1 можно рассчитать по формуле

$$T=(R1+R2)\cdot C1\cdot \ln\left[1+2\frac{1-\frac{R2}{R1}}{\frac{U_{ПОР}}{U_{ПИТ}}\left(1-\frac{U_{ПОР}}{U_{ПИТ}}\right)\left(1+\frac{R2}{R1}\right)^2}\right]. \qquad (2)$$

Формула выведена для общего случая, когда порог переключения $U_{ПОР}$ не равен половине напряжения питания $U_{ПИТ}$. При пороговом напряжении, равном $0{,}5U_{ПИТ}$, формула упрощается

$$T=(R1+R2)\cdot C1\cdot \ln\left[1+8\frac{1-\frac{R2}{R1}}{\left(1+\frac{R2}{R1}\right)^2}\right].$$

Эта формула даёт ошибку относительно ф-лы (2) менее 2,5 % при $0{,}4U_{ПИТ} < U_{ПОР} < 0{,}6\ U_{ПИТ}$ и около 6,5 % при $U_{ПОР} = 0{,}33U_{ПИТ}$ или $U_{ПОР} = 0{,}67U_{ПИТ}$ (возможные предельные

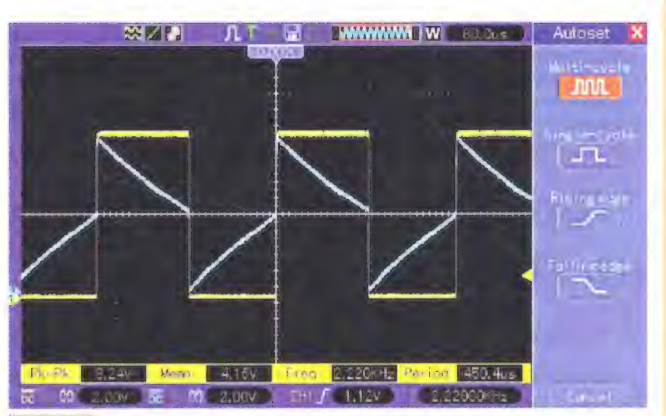


Рис. 4

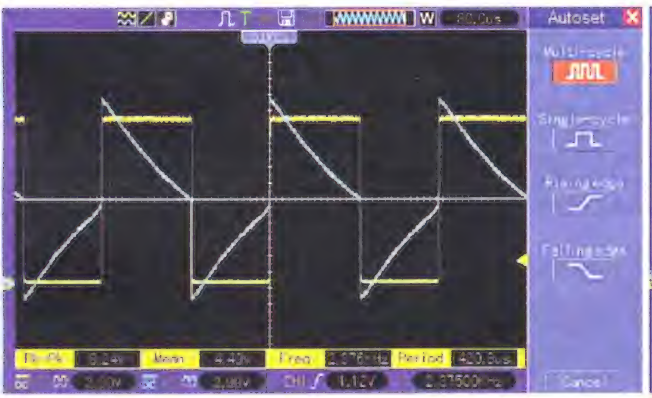


Рис. 3

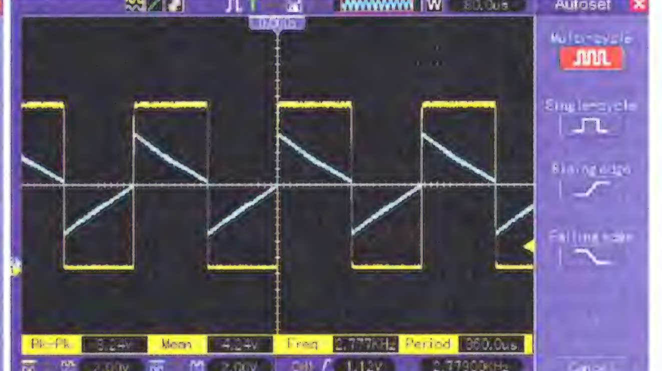


Рис. 5

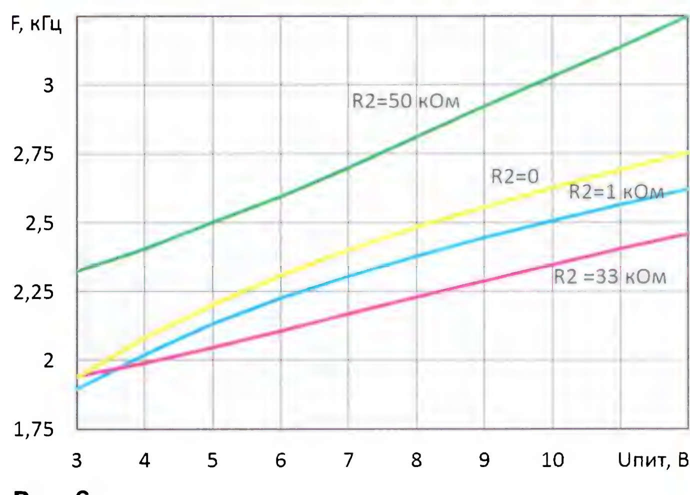


Рис. 6

Приём статей: mail@radio.ru
Вопросы: consult@radio.ru

отклонения порогового напряжения по технической документации на КМОП-микросхемы), поэтому ею можно пользоваться практически всегда.

При R2 = R1/3 формула упрощается ещё больше:

$$T = 2(R1 + R2)\cdot C1\cdot \ln 2 \approx 1{,}4(R1 + R2)\cdot C1, \quad (3)$$

т. е. совпадает с ф-лой (1), а при R2 = R1/2

$$T = 2(R1 + R2)\cdot C1\cdot \ln\frac{5}{3} \approx (R1 + R2)\cdot C1.$$

На **рис. 6** приведены экспериментально полученные графики зависимости частоты генератора от напряжения питания для различных сопротивлений резистора R2 при фиксированном сопротивлении R1 = 100 кОм и ёмкости конденсатора C1 = 2700 пФ. Расчётное значение частоты для R2 = 33 кОм, вычисленное по ф-ле (3), равно 2 кГц, что соответствует измеренному при напряжении питания 4...4,5 В.

В **таблице** приведены относительные изменения частоты генерации Δf в процентах для различных сопротивлений резистора R2 и изменении напряжения питания $U_{пит}$ в различных пределах.

R2, кОм	Δf, % при $U_{пит}$, В			
	3...4	3...5	4...6	8...12
0	7,6	13,8	10,7	10,8
1	6,7	12,6	10,1	10,2
33	2,5	5,4	5,9	10,3
50	3,6	7,6	7,9	15,7

Как видно, наибольший эффект в повышении стабильности наблюдается при малых напряжениях питания, когда падение напряжения на диодах оказывает существенное влияние на период колебаний. Для $U_{пит}$ от 3 до 4 В изменение частоты равно 7,6 % при отсутствии R2 и 2,5 % при R2 = 33 кОм, т. е. установка резистора указанного номинала уменьшает нестабильность в три раза. При большем напряжении питания эффект от установки R2 становится слабее, а для R2 = 50 кОм результат заметен лишь при малых напряжениях, а при больших напряжениях нестабильность увеличивается.

По результатам экспериментов можно сделать следующую рекомендацию: для повышения стабильности частоты генератора, собранного на трёх инверторах, следует последовательно с времязадающим конденсатором включать резистор сопротивлением, равным 1/3 от сопротивления основного времязадающего резистора. Этот способ эффективен в случае малого напряжения питания.

"Терменнот 2" или терменвокс на микроконтроллере

С. СУРОВ, г. Нижний Новгород

Музыкальный инструмент "Терменнот", описание которого было опубликовано в [1], похож по принципу игры на нём на терменвокс, но воспроизводит звуки в виде отдельных нот. Опыт его использования показал, что стабильность применённого в нём метода регулировки высоты звука и его громкости недостаточна. Расстояние от рук исполнителя до элементов управления, необходимое для получения звука нужной громкости и высоты тона, ощутимо менялось в зависимости от места установки инструмента, расположения окружающих его предметов, содержащих металлические детали, места подключения к электрической сети. Поэтому автор решил применить для названых регулировок инфракрасные датчики расстояния GP2Y0A21YK0F, применяемые в робототехнике.

Внешний вид нового инструмента показан на **рис. 1**, где на правой боковой поверхности корпуса виден датчик выбора ноты. Датчик регулировки громкости установлен на левой боковой поверхности корпуса. Использован готовый пластмассовый корпус BOX-22 размерами 250×190×79 мм. Инструмент устанавливают на штативе BENRO T-600EX для фото и видеокамер.

В 2014 г. команда 6-го "Б" класса МБОУ "Лицей № 87 им. Л. И. Новиковой", в которой участвовала и моя дочь, с описываемым музыкальным инструментом заняла первое место на Нижегородской городской технической олимпиаде школьников.

Как видно на принципиальной схеме **рис. 2**, основа усовершенствованного музыкального инструмента осталась прежней — микроконтроллер ATmega88-20PU (DD1), тактовая частота которого стабилизирована кварцевым резонатором ZQ1 на 20 МГц. Новое устройство отличается от описанного в [1] только тем, что антенны, колебательные контуры, детекторы, фильтры и регуляторы уровня сигналов в нём заменены инфракрасными датчиками дальности GP2Y0A21YK0F (B1 и B2).



Рис. 1

Принцип исполнения музыкального произведения тоже мало изменился, стала проще предварительная настройка — из органов управления остались лишь выключатель питания и регулятор громкости. Но появилось условие — на расстоянии менее одного метра справа от инструмента не должно быть предметов, способных отражать инфракрасное излучение.

Пока к датчику выбора ноты B1 исполнитель не поднёс руку ближе, чем на 80 см, напряжение на выходе датчика слишком мало и микроконтроллер не формирует звуковой сигнал. С уменьшением расстояния напряжение на выходе датчика растёт и становится достаточным для формирования самой высокой ноты. По мере дальнейшего приближения руки к датчику напряжение продолжает расти, в соответствии с ним звучат всё более низкие ноты. Всего можно получить 48 нот четырёх октав (малой, первой, второй и третьей). По семь основных и пять производных нот каждой октавы. При удалении руки от датчика ноты звучат в обратном порядке. Частота самой низкой ноты — 130,81 Гц, самой высокой — 1975,5 Гц.

Синусоидальный выходной сигнал программа микроконтроллера формирует по принципу прямого цифрового синтеза (DDS), описание которого выходит за рамки статьи. Желающих подробно ознакомиться с DDS отсылаю к статье [2], которая мне очень помогла в разработке "Терменнота 2".

Сформированные программой девятиразрядные двоичные отсчёты синусоиды поступают с частотой 250 кГц на выходы PD0—PD7 и PB1 микроконтроллера по прерываниям от его таймера T1. Перечисленные выходы соединены с входами микросхемы ЦАП КР572ПА1 (DA4), формирующей аналоговый синусоидальный сигнал заданной частоты. Чтобы избавиться от необходимости иметь источник отрицательного напряжения питания, применена нетиповая схема включения

Приём статей: mail@radio.ru
Вопросы: consult@radio.ru

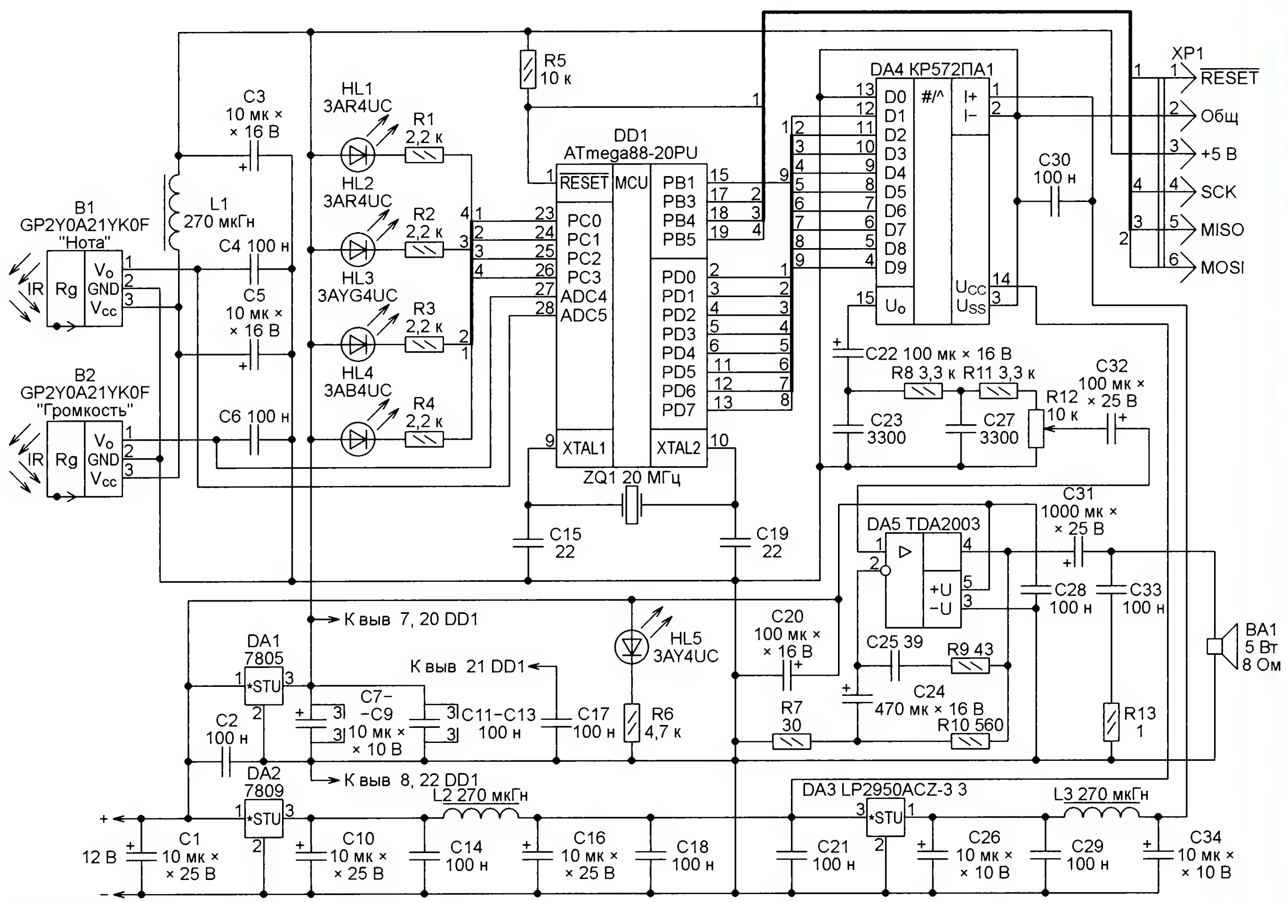


Рис. 2

☐ 7 ☐ 6 ☐ 5 ☐ 4 ☐ 3 ☐ BOOTSZ1 ☐ BOOTSZ0 ☐ BOOTRST

☐ RSTDISBL ☐ DWEN ☑ SPIEN ☐ WDTON ☐ EESAVE ☐ BODLEVEL2 ☑ BODLEVEL1 ☐ BODLEVEL0

☐ CKDIV8 ☐ CKOUT ☐ SUT1 ☑ SUT0 ☐ CKSEL3 ☐ CKSEL2 ☐ CKSEL1 ☑ CKSEL0

Рис. 3

ЦАП. Напряжение +9 В для его питания получено от интегрального стабилизатора DA2 с фильтром C10C14L2C16C18. Образцовым для ЦАП служит напряжение +3,3 В с выхода интегрального стабилизатора DA3, прошедшее через фильтр C26C29L3C30C34.

С выхода 15 микросхемы ЦАП звуковой сигнал проходит через фильтр C23R8C27, подавляющий спектральные компоненты сигнала, лежащие в окрестностях частоты его квантования (250 кГц) и её гармоник, затем через регулятор начальной громкости звука поступает на вход микросхемы УМЗЧ TDA2003 (DA5), включённой по типовой схеме. Эта микросхема установлена на небольшой теплоотвод. Нагрузкой УМЗЧ служит широкополосная динамическая головка BA1.

В процессе игры на инструменте исполнитель меняет громкость звука левой рукой, поднося её сверху к датчику B2, установленному чувствительной поверхностью вверх. Управление громкостью происходит по тому же принципу, что и выбор нот. Пока исполнитель не поднёс руку достаточно близко к датчику, постоянное напряжение на его выходе низкое и ему сопоставлена максимальная громкость звучания. Приближая руку к датчику, исполнитель ступенчато уменьшает громкость. При этом постоянное напряжение на выходе датчика, соединённом с входом ADC4 микроконтроллера, который сконфигурирован как вход его АЦП, растёт и ступенями уменьшает громкость. Отводя руку от датчика, исполнитель так же ступенчато увеличивает громкость до максимальной. Всего реализовано пять уровней громкости.

Программа уменьшает громкость сдвигом вправо (в сторону младшего разряда) цифровых кодов, подаваемых на ЦАП. Сдвиг на один разряд равносильно делению значения кода на два. Для уменьшения громкости до самого низкого уровня должны произойти четыре таких сдвига, что соответствует делению на 16.

Для индикации состояния инструмента в нём имеются пять светодиодов. Светодиод HL1 сигнализирует о том, что установлен максимальный уровень громкости. Когда звучание заблокировано, включён светодиод HL2. Свечение светодиода HL3 показывает, что инструмент воспроизводит звуки, а свечение светодиода HL4 сигнализирует о том, что достигнута самая высокая нота (1975,5 Гц). Светодиод HL5 включён при наличии питающего напряжения 12 В. Типы светодиодов указаны на схеме.

Собран инструмент на макетной плате, печатная плата для него не разрабатывалась. Для его питания пригоден любой стабилизированный источник напряжения 12 В, рассчитанный на максимальный ток нагрузки не менее 1 А. Проверено, что он может быть как линейным, так и импульсным.

Программа микроконтроллера написана на языке ассемблера в интегрированной среде разработки AVR STUDIO 4.19.730. Для загрузки кодов из файла Termennot_vol_DMS.hex в микроконтроллер была использована программа PonyProg2000. Её окно Configuration and Security bits должно выглядеть, как показано на **рис. 3**. Программатор подключают к разъёму XP1.

ЛИТЕРАТУРА

1. **Суров С.** Терменнот, или терменвокс на микроконтроллере. — Радио, 2013, № 12, с. 21—24.

2. **Ридико Л.** Низкочастотный генератор синусоидального сигнала с шагом сетки 0,01 Гц. — Схемотехника, 2001, № 2, с. 10—13.

__От редакции__. Программа микроконтроллера имеется по адресу __http://ftp.radio.ru/pub/2018/09/termnot2.zip__ на нашем FTP-сервере.

Приём статей: mail@radio.ru
Вопросы: consult@radio.ru

Звуковой модуль для электронных барабанов

Д. ЕГОШКИН, г. Рязань

Этот модуль — основа электронной установки, имитирующей игру на пяти ударных инструментах одновременно, причём возможно до 32 вариантов звучания каждого из них. Разработана также компьютерная программа, позволяющая перепрограммировать модуль, загружать в него образцы звуков, исследовать сигналы, генерируемые пэдами — датчиками ударов барабанными палочками, и настраивать модуль на оптимальное обнаружение этих ударов. Автор делится также своими соображениями о конструкции пэдов.

Акустическая ударная установка — основа множества музыкальных стилей и направлений. Но именно с барабанами возникает больше всего сложностей — инструмент громоздкий, тяжёлый, сложен в настройке и подзвучивании. Многие любительские музыкальные коллективы не могут позволить себе перевозку полноценной акустической ударной установки. Несмотря на то что электронные барабаны компактнее, легче, удобнее в транспортировке, не требуют настройки и подзвучки, они пока не находят широкого применения. Доступные любителям электронные ударные установки — не более чем игрушки, они не передают всего многообразия оттенков и красок звука, что даёт акустическая установка, имеют низкую чувствительность, малый динамический диапазон и создают при игре неестественные ощущения у исполнителя. Конечно, существуют и профессиональные электронные ударные инструменты, очень реалистично реагирующие на удары палочками и хорошо передающие вариации звука, но они любителям недоступны.

Отдельно стоит отметить, что серьёзные трудности сопровождают и процесс обучения игре на ударных. Инструмент объёмный, громкий, поэтому заниматься игрой на нём дома мало кому удаётся. Покупка простенькой электронной ударной установки, чтобы заниматься в наушниках, — не лучший выход. Из-за низкой чувствительности пэдов колотить по ним приходится довольно сильно, так что без постройки звуко- и виброизолирующего подиума проблем с соседями не избежать.

Отмечу, что самое слабое место электронной ударной установки — это тарелки. Настоящие акустические тарелки звучат по-разному в зависимости от силы удара и его места, наклона палочки и от того, плечом или головкой палочки наносится удар. Даже чисто электронная музыка оживает, звучит более интересно и выразительно, если ударная партия сыграна на акустике.

Во многих случаях удачное решение — гибридная барабанная установка, в которой одни из ударных инструментов акустические, а другие — электронные. Гибридная установка легче акустической, занимает меньше места, намного удобнее в перевозке и настройке, но в то же время позволяет получить более живой звук, чем чисто электронная ударная установка. Даже профессиональные музыканты порой заменяют часть барабанов электронными пэдами, оставляя макеты настоящих барабанов лишь для вида.

Предлагаемый звуковой модуль предназначен в первую очередь для работы в составе гибридной ударной установки. К его входам подключают датчики ударов (промышленные или самодельные пэды электронных барабанов), на выходе он формирует звуковой сигнал в соответствии с записанными в память образцами (сэмплами) звука барабанов и любых других ударных инструментов или звуковых эффектов.

Модуль будет полезен музыкантам-любителям в качестве альтернативы дорогостоящим барабанным модулям производства известных фирм. К нему можно подключить пять пэдов, соответствующие этим пэдам звуки могут звучать одновременно. Громкость звучания пропорциональна силе ударов. Использование двух аналогичных модулей (одного для барабанов, второго для тарелок, загрузив в него соответствующие сэмплы) позволяет создать полноценную электронную ударную установку.

В отличие от MIDI-контроллеров, позволяющих "играть" на ударных через компьютер с соответствующими программами (например, Alesis Trigger IO или любительская Megadrum), самодельный барабанный модуль не зависит от других устройств. Компьютер требуется лишь для загрузки образцов звука и установки режима анализа сигналов, поступающих с пэдов.

Модуль отличается малой задержкой формирования звука. Она не превышает 0,15 мс после распознавания удара. Для сравнения, только передача одной команды по стандартному MIDI-интерфейсу (три байта со скоростью 31250 Бод) занимает 1 мс, при подключении по USB задержка увеличивается ещё на миллисекунду, а далее тратится дополнительное время на запуск звука, зависящее от производительности компьютера и его звуковой карты.

Основные технические характеристики

Число входов для пэдов
- однозонных 4
- двухзонных 1

Частота опроса каждого пэда, кГц 5

Задержка генерации звука после удара, мс 0,15

Характеристики синтезированного звука:
- разрядность . . . . .16 (стерео)
- частота квантования, кГц 40
- число каналов полифонии 5
- разрядность регулировки уровней смешивания звуков 8

Имеются вход внешнего источника звукового сигнала, смешиваемого с синтезируемым звуком, и выход на головные стереотелефоны. Для настройки модуля и загрузки в него образцов звука необходимо соединение с разъёмом USB компьютера. Во время игры соединение с компьютером не требуется.

Питают модуль напряжением 5 В от разъёма USB или напряжением 6...12 В от внешнего источника. Потребляемый ток — не более 100 мА.

Модуль не содержит дорогостоящих или дефицитных деталей, часть компонентов приобретена в радиомагазине, часть — через Интернет. Принципиальная схема модуля изображена на **рис. 1**.

"Сердце" устройства — микроконтроллер DD1 PIC18F25K22-I/P. Это наиболее скоростной (16 MIPS) из восьмиразрядных микроконтроллеров PIC. Применение более медленного микроконтроллера потребовало бы понижения частоты дискретизации звука, что нежелательно. Быстрые 16-разрядные микроконтроллеры семейства PIC24 (до 70 MIPS) неприменимы, так как у них слишком низкая скорость интерфейса SPI (не более 10 Мбит/с), используемого для связи с памятью, хранящей образцы звуков.

Эта память построена на микросхемах энергонезависимой FLASH-памяти DS1 и DS2. Здесь допустимо использовать одну или две микросхемы W25Q128FVSG (по 128 Мбит каждая). Они обеспечивают высокую скорость доступа, что очень важно для полифонического воспроизведения звука. Возможно применение микросхем памяти меньшего объёма (W25Q64 или W25Q32).

Микросхема DA3 — двухканальный 16-разрядный ЦАП, звуковой сигнал с выхода которого поступает на ФНЧ на микросхеме DA1, затем его дополнительно усиливает микросхема DA2.

Сигналы с пэдов "Bass", "Tom-1", "Tom-2", "Tom-3", "Snare-2-zone" поступают на входные гнёзда XS5—XS1 и далее через ФНЧ R8C8—R3C3 с частотой среза около 4,5 кГц на входы АЦП микроконтроллера DD1. Микроконтроллер поочерёдно опрашивает выходы пэдов (частота опроса каждого канала — 5 кГц). При превышении сигналом заданного порога выполняется оценка амплитуды импульса и запускается воспроизведение соответствующего сэмпла, хранящегося в памяти устройства.

Для воспроизведения звука микроконтроллер 40000 раз в секунду читает по интерфейсу SPI отсчёты сигналов из

Приём статей: mail@radio.ru
Вопросы: consult@radio.ru

микросхем памяти DS1 и DS2, вычисляет сумму отсчётов одновременно воспроизводимых сэмплов в соответствии с заданными уровнями громкости и выдаёт её по SPI на ЦАП DA3.

Через разъём XS7 "Music In" на модуль подают внешний звуковой сигнал. Переменными резисторами R21 "Music volume" и R22 "Drums volume" регулируют уровни этого сигнала и синтезированного модулем звука барабанов. С движков этих резисторов звуковой сигнал поступает на сумматоры из резисторов R28—R31, затем его дополнительно усиливает сдвоенный ОУ DA5. К его выходам присоединены параллельно выходные разъёмы XS9 и XS10, выведенные на лицевую и на заднюю панели корпуса. Это позволяет подключить к модулю одновременно и головные телефоны, и входной кабель внешнего УМЗЧ.

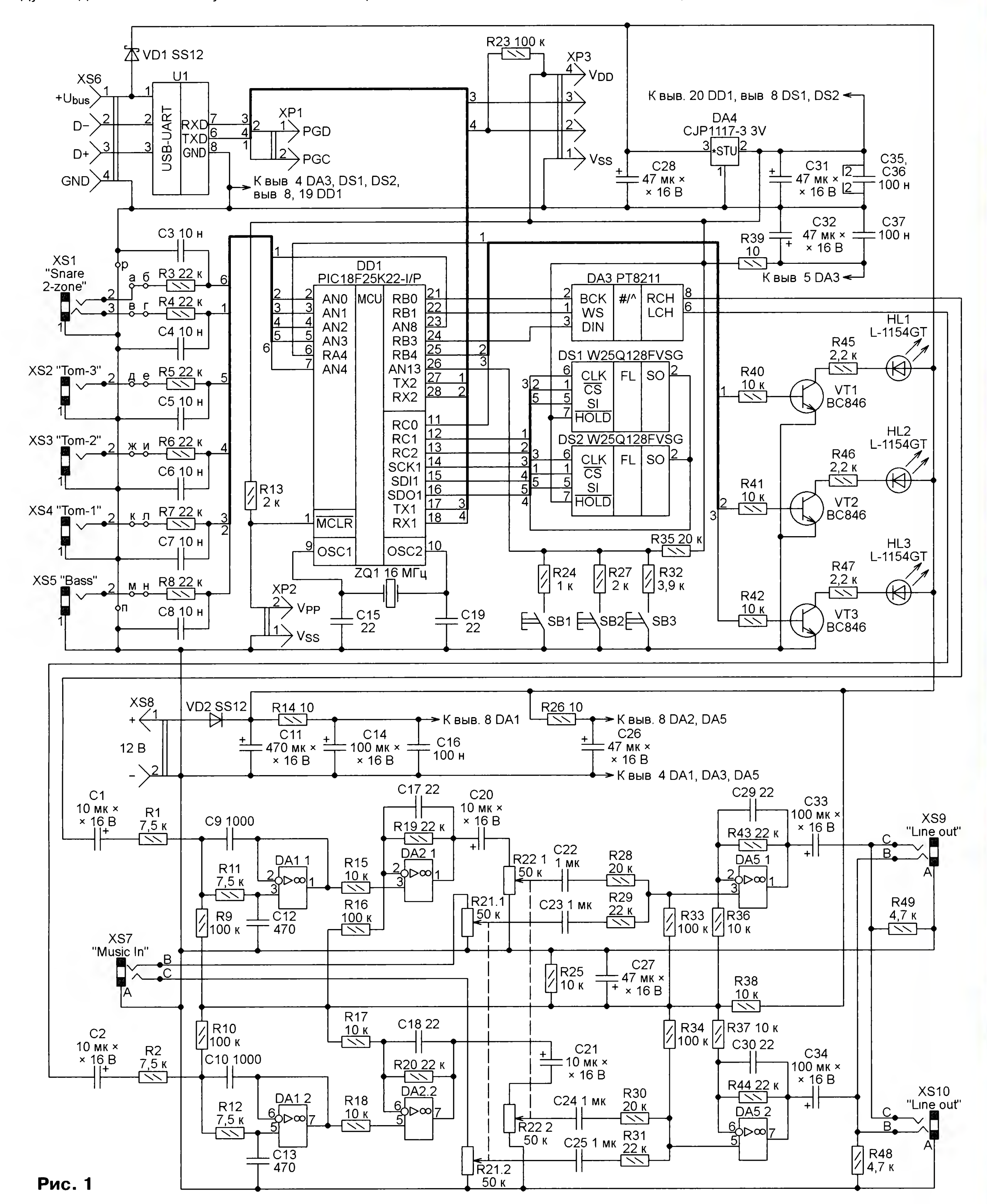


Рис. 1

Приём статей: mail@radio.ru
Вопросы: consult@radio.ru

Приём статей: mail@radio.ru
Вопросы: consult@radio.ru

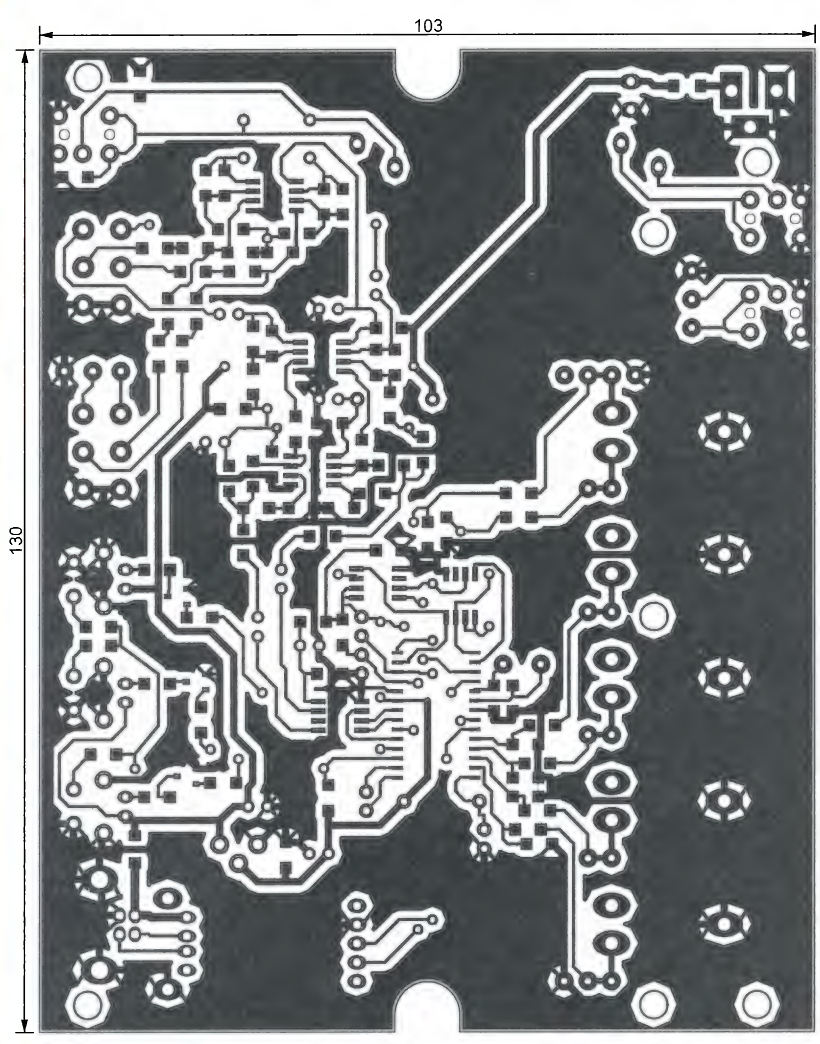


Рис. 2

ходники на основе микросхем PL2303, FT232 и др. Автор использовал переходник для Arduino на базе PL2303. Переходник размещён в корпусе устройства, штатный разъём переходника USB-A удалён, а вместо него подключён стандартный для ведомых устройств разъём USB-B.

При напряжении питания 9...12 В в модуле можно использовать любые ОУ широкого применения, например JRC4850. При питании устройства от источника напряжением 5...7 В или от USB-порта компьютера желательно применить ОУ rail-to-rail, например TS922, чтобы умощнить выход для подключения головных телефонов. Также можно применить MCP6002 — это экономичный "rail-to-rail" сдвоенный ОУ, но в случае его использования напряжение питания не должно превышать 6 В.

ЦАП PT8211 широко распространён, дёшев, его часто применяют в различной аппаратуре, например, в компьютерных CD/DVD-ROM. Заменить его можно другим 16-разрядным ЦАП с интерфейсом SPI.

В качестве XS1—XS5 применены впаиваемые в печатную плату гнёзда ST-008S-04 под штекеры диаметром 6,3 мм. Их можно заменить любыми аналогичными. Если не предполагается использовать вторую зону малого барабана, все эти гнёзда могут быть монофическими. Если совместимость с промышленными пэдами электронных барабанов не требуется, можно использовать гнёзда и другой конструкции.

Гнёзда XS7, XS9, XS10 — ST-033 под штекеры диаметром 3,5 мм или другие аналогичные.

Собрав модуль и убедившись в отсутствии ошибок в монтаже, следует подать на него питание и проверить напряжение +3,3 В на выходе стабилизатора DA4. Напряжения в точке "виртуального нуля" ОУ на конденсаторе C27 и на выходах ОУ должны быть равны половине напряжения питания, поступающего с разъёмов XS8 или XS6. На выходах ЦАП (выводы 6 и 8 микросхемы DA3) напряжение должно быть около +1,7 В.

Для исключения повреждения усилителя и акустических систем не следует включать модуль, соединённый с УМЗЧ, при включённом усилителе. Его нужно включить первым и лишь затем включить усилитель.

Кнопка SB1 позволяет быстро переключать варианты звучания модуля, короткое нажатие перебирает три доступных варианта, заложенных ранее в программе на компьютере. Если необходимо поменять звуки в выбранном наборе, длительное нажатие (более 2 с) на кнопку SB1 запускает режим назначения звуков, включается светодиод HL1. При этом выбор настраиваемого пэда производится ударом палочки по нему, а далее кнопками SB2 и SB3 выбирают звук. При ударе по пэду и при нажатиях на кнопки SB2 и SB3 звучит текущий (назначенный пэду) звук. Это может быть любой звук из числа загруженных в память модуля. Аналогично задают звуки остальных пэдов: удар по пэду выбирает его для настройки, кнопками выбирают соответст-

Интерфейс USB (розетка XS6 и модуль A1) служит для загрузки в барабанный модуль образцов формируемых звуков, установки его параметров, обновления программы микроконтроллера. Дополнительный последовательный порт микроконтроллера, линии TX2 и RX2 которого выведены на разъём XP3, можно использовать для расширения возможностей модуля.

Кнопками SB1—SB3, выведенными на лицевую панель модуля, переключают варианты его звучания. Для индикации режимов работы служат светодиоды HL1—HL3.

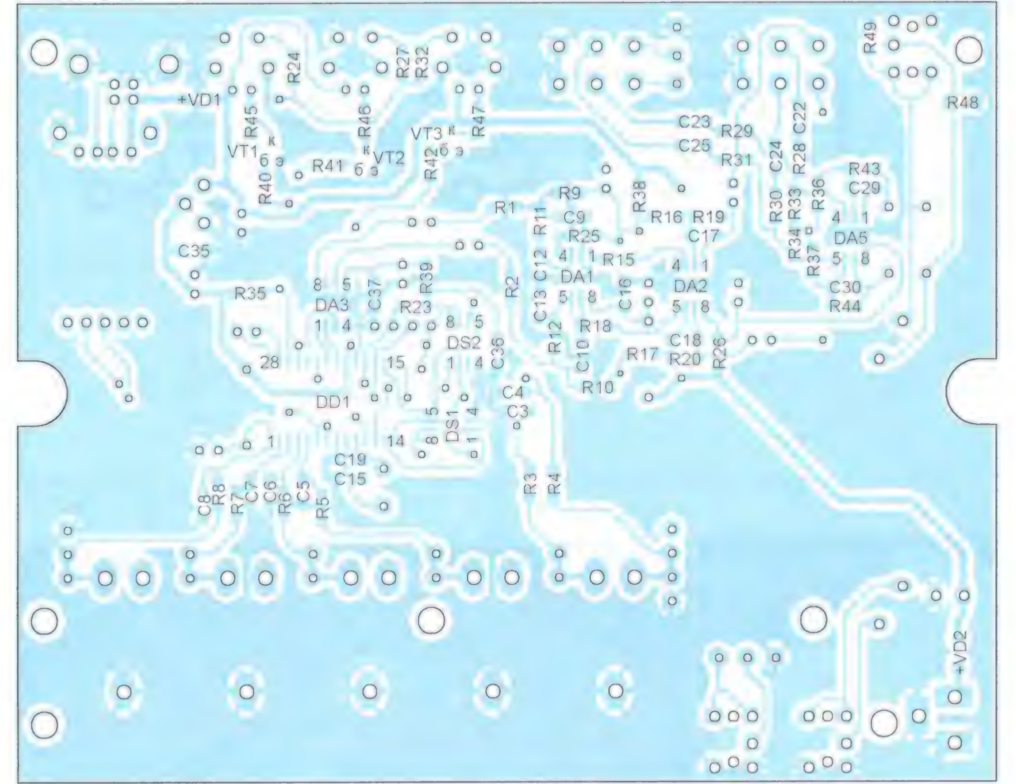
Барабанный модуль работоспособен при напряжении питания от 6 до 12 В, подаваемом на разъём XS8. Интегральный стабилизатор DA4 понижает его до 3,3 В для питания микроконтроллера DD1, микросхем памяти DS1 и DS2, а также (через фильтр R39C32C37) микросхемы ЦАП DA3.

Можно питать модуль и напряжением 5 В от разъёма USB (XS6). Диоды VD1 и VD2 автоматически выбирают тот источник, напряжение которого больше. Делитель напряжения R38R25 формирует напряжение "виртуального нуля" для ОУ DA1, DA2, DA5.

Конструкция модуля была разработана исходя из его сборки в стандартном пластмассовом корпусе размерами 140×110×35 мм. Чертёж печатных проводников основной печатной платы размерами 130×103 мм показан на **рис. 2**. Схема размещения элементов на ней — на **рис. 3**.

Контактные площадки, обозначенные на схеме буквами а—н, на плате соединены попарно печатными перемычками. Если, однако, удалить эти перемычки, то к указанным площадкам можно подключить, как показано на схеме **рис. 4**, переменные резисторы — ручные (в дополнение к предусмотренным в программе микроконтроллера) регуляторы уровней сигналов, поступающих с барабанных пэдов. Эти резисторы размещают на отдельной печатной плате (**рис. 5**), расположенной над разъёмами XS1—XS5 на трёх стойках и соединённой с основной платой парами штырь-гнездо от подходящих разъёмов. Барабанный модуль в сборе показан на **рис. 6**.

Переходник USB-COM — любой с уровнями TTL (3,3 В) и обеспечивающий скорость 806400 Бод. Фактически пригодны широко распространённые пере-



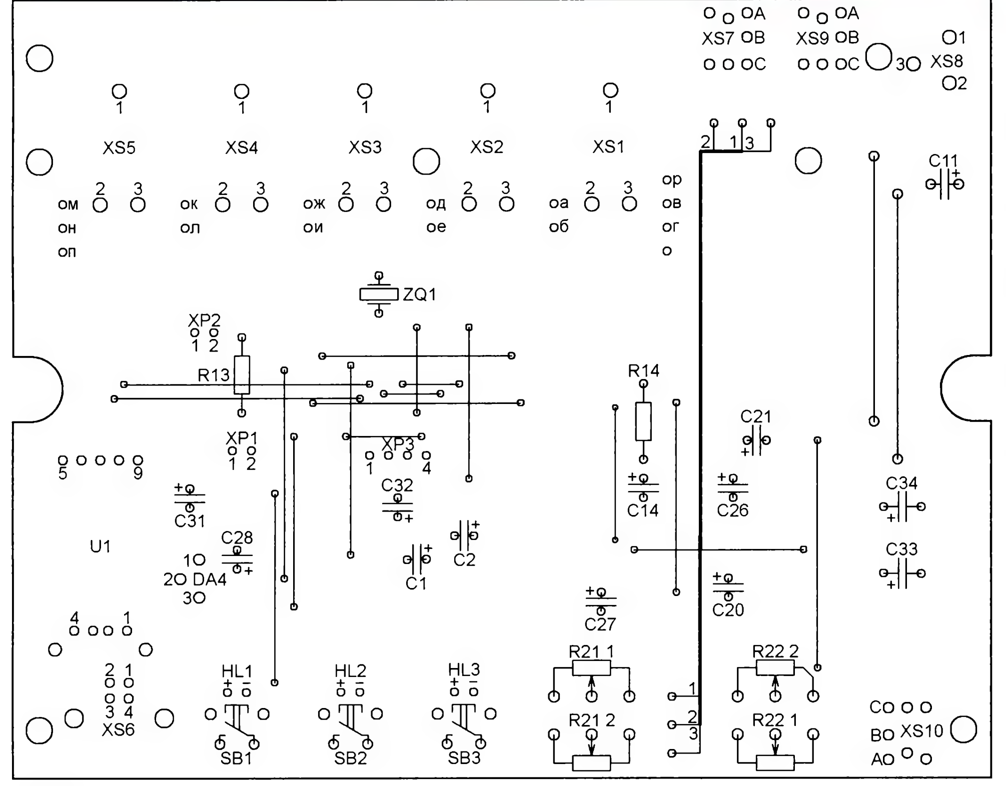


Рис. 3

вующий ему звук. Длительное нажатие на кнопку SB1 выводит модуль из режима программирования текущего варианта звучания модуля, изменение других двух вариантов выполняют аналогично.

Чувствительность каждого пэда регулируют переменными резисторами R1—R6 (см. рис. 4) так, чтобы самому сильному удару соответствовал самый громкий звук барабана. Это позволит получить максимально широкий динамический диапазон игры, от самого тихого до самого громкого звука. В некоторых случаях бывает нужно выровнять громкость звуков, например, при быстрой игре на большом барабане. В таких случаях чувствительность задают более высокой.

Светодиод HL3 сигнализирует о перегрузке по входу. Он включается, если уровень сигнала хотя бы от одного пэда достиг максимального значения. Это позволяет оценить, верно ли установлена чувствительность пэдов.

По умолчанию заданы оптимальные параметры анализа сигналов пэдов, изменять которые может потребоваться лишь при ложных срабатываниях модуля, вызванных взаимными помехами пэдов, и при дребезге неравномерно натянутых на пэды пластиковых сеток. Регулировку этих параметров удобно производить в компьютерной программе, отображающей их все, но часть регулировок возможна и непосредственно в модуле.

Длительное нажатие на кнопку SB2 включает режим программной настройки чувствительности пэдов, о чём сигнализирует светодиод HL2. Выбирают пэд для настройки ударом палочки, регулируют чувствительность нажатиями на кнопки SB1 (меньше) и SB3 (больше). Выход из режима — длительное нажатие кнопки. При этом светодиод HL2 гаснет.

Длительное нажатие на кнопку SB3 включает режим установки минимального порога срабатывания пэдов, о чём сигнализирует светодиод HL3. Установка порогов срабатывания может потребоваться при значительном влиянии ударов по одним пэдам на другие пэды. Увеличивая порог, можно устранить это влияние. Регулировку выполняют нажатиями на кнопки SB1 (меньше) и SB2 (больше). Выход из режима — длительное нажатие на одну из этих кнопок. При этом гаснет светодиод HL3.

Конструкции пэдов и барабанной установки

Для "концертного гибрида" желательно, конечно, применить барабанные пэды и раму производства Roland или Yamaha. Для домашней ударной установки, к внешнему виду которой не предъявляется особых требований,

Приём статей: mail@radio.ru
Вопросы: consult@radio.ru

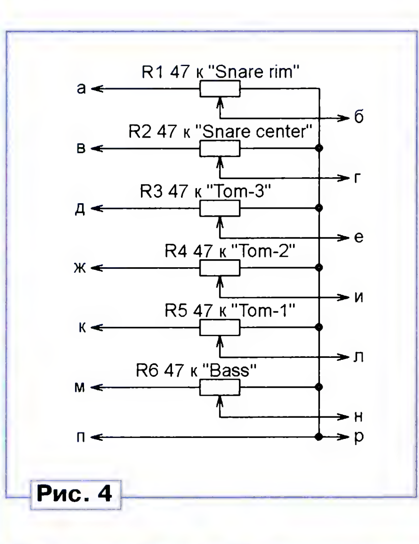
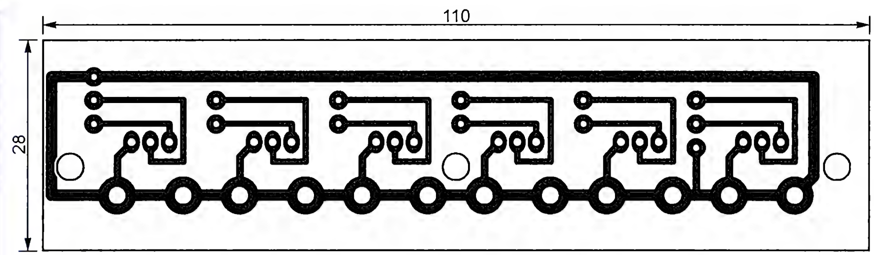


Рис. 4



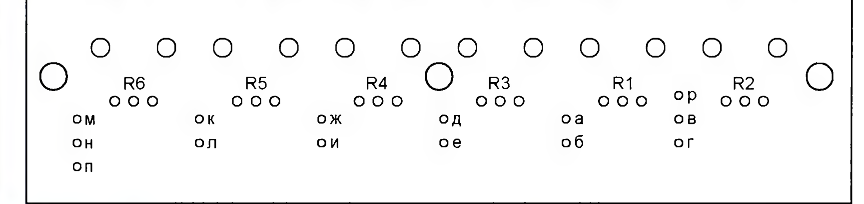


Рис. 5

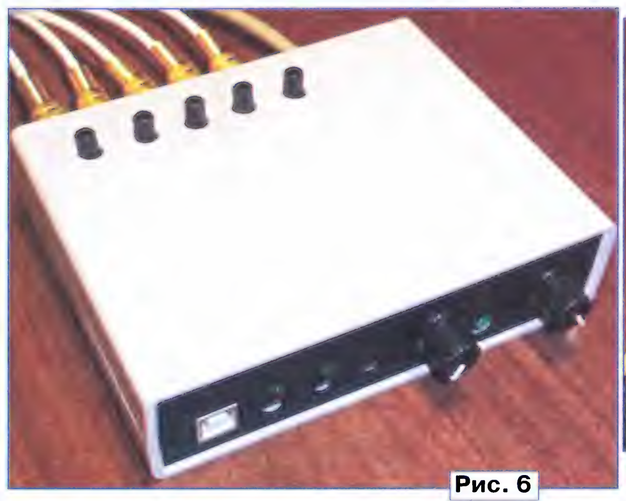


Рис. 6

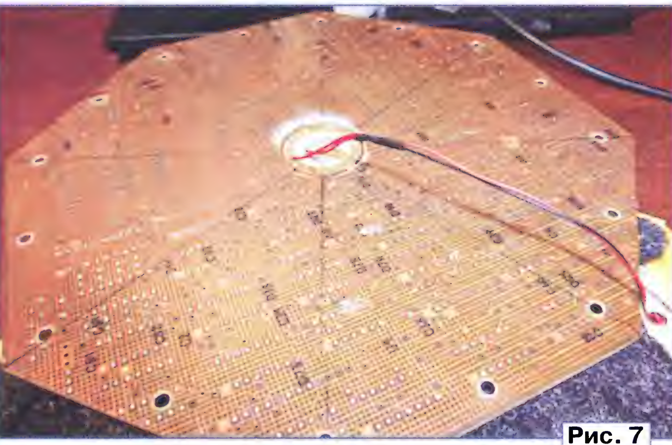


Рис. 7

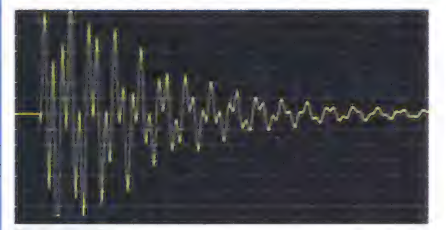


Рис. 8

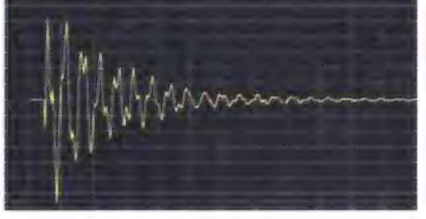


Рис. 9

пэды и раму можно изготовить самостоятельно.

Пэды малого барабана и томов делают из фанеры толщиной 12 мм. Форма пэда может быть произвольной, мне удобно было сделать их восьмигранными. Два восьмигранника, в одном из которых выпилено отверстие, соединяют между собой клеем и саморезами. Ударная мембрана может быть сделана из текстолита или стеклотекстолита толщиной 1...1,5 мм и прикреплена к корпусу пэда. Внешняя "ударная" поверхность мембраны оклеена листовой резиной или любым другим подходящим материалом, заглушающим звук удара. Такие пэды обычно называют жёсткими или резиновыми, так как они довольно шумны и создают жёсткую отдачу палочки, не свойственную настоящему барабану.

Для формирования сигнала удара удобно использовать дисковые пьезоэлементы. В классической, самой простой конструкции жёсткого пэда пьезоэлемент приклеивают в центре ударной мембраны, как показано на **рис. 7**. Хотя подобный пэд классического исполнения вполне работоспособен, сигналы, снимаемые с него, показаны, например, на **рис. 8** и **рис. 9**, неудобны в обработке, оценка их амплитуды (т. е. силы удара) сложна, требует увеличенной длительности анализа, что приводит к увеличению общей задержки сигнала. Причина в явно выраженном резонансе мембраны пэда на частоте около 270 Гц.

(Окончание следует)

Светодиодный светильник с регулируемой яркостью

П. ЮДИН, г. Уфа

Предлагаемый светодиодный светильник был изготовлен для фоновой подсветки небольшого помещения, например, при просмотре телевизора, или для освещения клавиатуры компьютера. Главными были простота, надёжность, гальваническая развязка от сети (а значит, безопасность) и стабильный ток через светодиоды при изменениях напряжения в питающей сети (а значит, долговечность). Массогабаритные характеристики были отодвинуты на второй план.

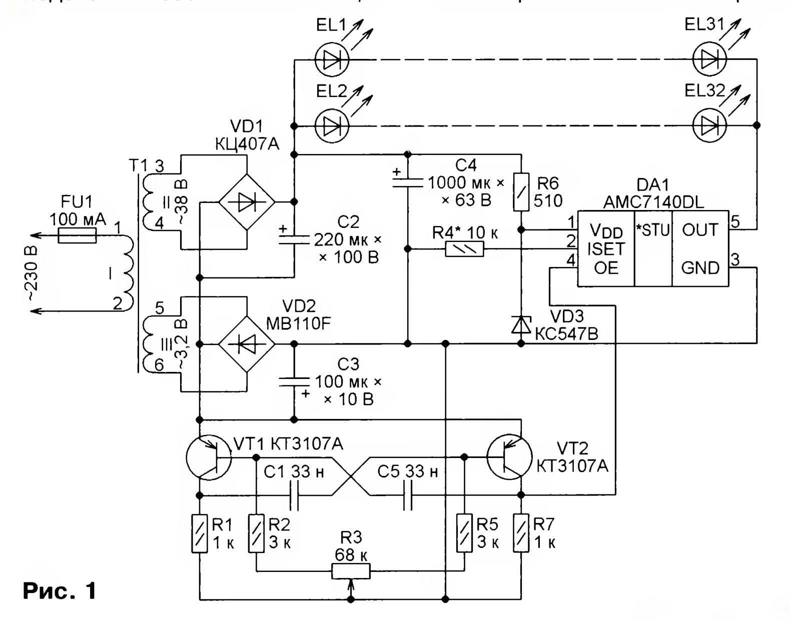
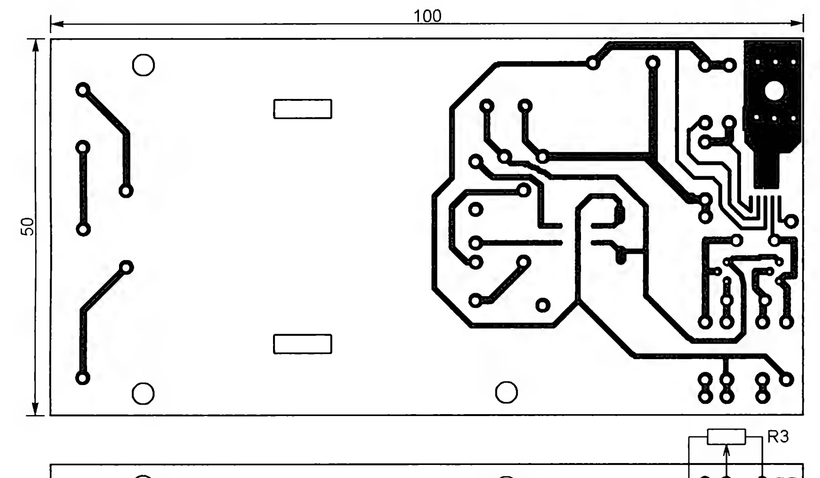


Рис. 1



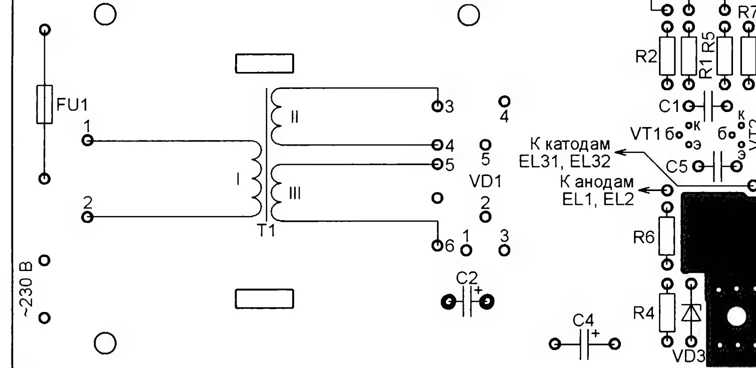


Рис. 2

В результате получился светильник, схема которого показана на **рис. 1**. На микросхеме DA1 AMC7140DL построен источник стабильного тока через светодиоды EL1—EL32, на транзисторах VT1 и VT2 собран мультивибратор, изменяя скважность импульсов которого, можно регулировать яркость свечения светодиодов. Питается светильник от сети ~230 В через трансформатор Т1 — Т10-220-50, применявшийся в калькуляторе "Электроника МК41". Его обмотки намотаны на магнитопроводе ШЛМ 10×25. Диодные мосты VD1 и VD2 выпрямляют переменное напряжение вторичных обмоток трансформатора, а конденсаторы С2—С4 сглаживают выпрямленное напряжение.

Суммарное напряжение двух выпрямителей питает светодиоды EL1—EL32, а его часть, стабилизированная стабилитроном VD3, питает микросхему DA1. Мультивибратор на транзисторах VT1 и VT2 питается только напряжением около 4,5 В, выпрямленным диодным мостом VD2.

Микросхема AMC7140DL представляет собой драйвер для питания светодиодов стабильным током до 700 мА. Ток задают внешним резистором, в рассматриваемом случае резистором R4. Но необходимо помнить, что напряжение, подаваемое на цепочку светодиодов, должно превышать номинальное напряжение цепочки светодиодов лишь на столько, сколько необходимо для поддержания стабильного тока через светодиоды при снижении напряжения питания. Это условие важно соблюдать для снижения мощности, рассеиваемой микросхемой, так как она работает в непрерывном режиме.

Вход ОЕ служит для включения и выключения тока через микросхему. Его включают высоким уровнем напряжения на этом входе (от +2 В до +12 В), а выключают низким уровнем (от 0 В до 0,8 В).

Для микросхемы AMC7140DL допустимо напряжение питания от 5 до 50 В. Цепь R6VD3 поддерживает его на допустимом уровне 47 В при изменении яркости свечения светодиодов или при обрыве нагрузки.

Мультивибратор собран по типовой схеме на двух транзисторах КТ3107А структуры p-n-p. Скважность генерируемых импульсов регулируют переменным резистором R3. Мультивибратор "перевёрнут", чтобы получить более быстрые нарастающие перепады импульсов на входе ОЕ микросхемы DA1, открывающих её, что позволяет в одном из крайних положений резистора R3 добиться почти стопроцентного коэффициента заполнения импульсов тока через светодиоды и максимальной яркости их свечения.

Печатная плата светильника показана на **рис. 2**. Диодный мост VD2, конденсатор С3 и микросхема DA1 расположены со стороны печатных провод-

Приём статей: mail@radio.ru
Вопросы: consult@radio.ru

ников, как показано на **рис. 3**. Рядом с микросхемой оставлена площадка фольги, к которой припаивают теплоотводящий фланец микросхемы. Такая же площадка оставлена и на противоположной стороне платы. Для лучшего теплового контакта она соединена с площадкой на стороне печатных проводников несколькими проволочными перемычками или пистонами. На этой площадке (со стороны деталей) установлен через слой теплопроводящей пасты ребристый теплоотвод.

Если плата изготовлена из материала, фольгированного только с одной стороны, можно к площадке со стороны печатных проводников припаять полосу листовой меди толщиной 0,5 мм, обогнув ею край платы, сделать медную площадку и на стороне деталей, а на неё установить теплоотвод.

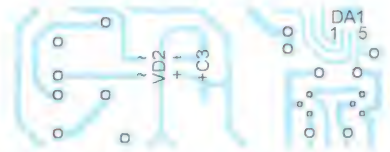


Рис. 3


Рис. 4

Оксидные конденсаторы: C2 — алюминиевый импортный, C3 — танталовый для поверхностного монтажа типоразмера D, C4 — К50-35. Конденсаторы C1 и C5 — керамические. Переменный резистор R3 — СП3-30 группы А. Транзистор КТ3107А может быть с другим буквенным индексом. Его заменит и любой транзистор серии КТ361. Вместо стабилитрона КС547В допустимо установить два стабилитрона КС524Г, соединив их последовательно.

Светодиоды EL1—EL32 — любые белого свечения с допустимым прямым током 20 мА и прямым падением напряжения при таком токе 3...3,2 В. Подбирая резистор R4, можно регулировать импульсный ток через светодиоды. Однако делать это следует осторожно, чтобы случайно не превысить допустимое значение этого тока.

На **рис. 4** показан внешний вид собранной печатной платы светильника. Её можно поместить в основание настольной лампы или в отдельный пластиковый корпус.

Регистрация энергопотребления в ThingSpeak

А. ПАХОМОВ, г. Владимир

Продолжаем тему, начатую в [1, 2]. Речь пойдёт об устройстве, позволяющем регистрировать сведения о напряжении в бытовой электросети и потребляемой от неё мощности в интернет-сервисе ThingSpeak (https://thingspeak.com/). Датчиком потребляемой мощности служит обычный электронный квартирный счётчик электроэнергии. Напряжение в сети измеряет АЦП микроконтроллера ATtiny13A. Подключение к сети Интернет по Wi-Fi реализовано с помощью модуля ESP-01.

Немалая доля ежемесячных платежей за коммунальные услуги — плата за потреблённую электроэнергию. Электросчётчик, показания которого и определяют сумму, даёт интегральный результат. Но всегда интересно посмотреть, как расходовалась электроэнергия каждый час каждых суток. Более детальную картину может дать мигающий на панели счётчика светодиод. На этой панели всегда указано, какое число световых импульсов соответствует одному киловатт-часу потреблённой энергии. Например, у электросчётчика "ЛЕНЭЛЕКТРО ЛЕ 111.1 DO" 3200 импульсов.

Нехитрые вычисления показывают, что при потребляемой мощности, например, 100 Вт импульсы следуют каждые 11,25 с, а импульсы, повторяющиеся каждую секунду, соответствуют мощности 1125 Вт.

Для хранения и наглядного представления накопленной информации удобно воспользоваться бесплатным сервисом ThingSpeak. Это — платформа для Интернета вещей (IoT), позволяющая собирать информацию и хранить её в облаке. Она обеспечивает интерфейс, позволяющий анализировать и визуализировать информацию в MATLAB. Процесс подключения к сервису описан в [1] на примере сбора информации данных от датчика температуры и влажности DHT11. Ниже рассмотрено устройство, регистрирующее в сервисе напряжение в электросети и потребляемую от неё мощность.

Принципиальная схема регистратора показана на **рис. 1**. Он питается от сети ~230 В через понижающий трансформатор T1. Напряжение его вторичной обмотки выпрямлено диодным мостом VD1 и сглажено конденсатором C1. Ёмкость этого конденсатора не слишком велика, поэтому постоянное напряжение на нём (приблизительно 12 В) "следит" за напряжением в сети. Часть напряжения на конденсаторе, снятая с делителя R6R7, поступает на вход ADC3 АЦП микроконтроллера DD1. Результат преобразования и передаётся, в конечном счёте, в сервис ThingSpeak. Питание микроконтроллера DD1 напряжением 5 В обеспечено интегральным стабилизатором напряжения DA2.

Схема оптического датчика импульсов обведена на рис. 1 штрихпунктирной рамкой. Его выходные импульсы поступают на вход PB2 микроконтроллера DD1. Собственно датчиком служит фоторезистор R2, закреплённый напротив мигающего светодиода счётчика и образующий с резистором R1 делитель напряжения питания. Сигнал с выхода этого делителя поступает на неинвертирующий вход ОУ DA1, служащего компаратором напряжения. На инвертирующий вход DA1 с делителя R3R4 подано напряжение, задающее порог срабатывания компаратора.

Номиналы резисторов R1, R3 и R4 подобраны таким образом, что при освещённом вспышкой светодиода счётчика фоторезисторе R2 логический уровень на выходе DA1 низкий (при этом включён контрольный светодиод HL1), а в паузах между вспышками — высокий (светодиод HL1 выключен).

Оптический датчик соединён с разъёмом X1 трёхпроводным кабелем. Однако на этапе налаживания устройства к этому же разъёму, отключив датчик, присоединяют программатор. Названия сигналов программирования указаны на схеме.

Необходимо отметить, что некоторые электросчётчики оборудованы импульсным выходом, обычно выполненным по схеме "с открытым коллектором". Он позволяет обойтись без оптического датчика. В этом случае вывод коллектора выходного транзистора соединяют непосредственно с контактом 4 разъёма X1, а вывод его эмиттера — с контактом 1 того же разъёма.

Приём статей: mail@radio.ru
Вопросы: consult@radio.ru

Контрольный светодиод HL1 и резистор R5 целесообразно оставить. Это не только позволит визуально контролировать импульсы, но и будет поддерживать высокий уровень на входе PB2 микроконтроллера при закрытом выходном транзисторе счётчика.

Микроконтроллер DD1 занимается обработкой сведений о напряжении, поступающем с делителя R6R7, и периоде следования импульсов счётчика. Их значения он упаковывает в текстовые строки вида 0xPPPPUUUU, где PPPP — шестнадцатеричное число, пропорциональное мощности, UUUU — такое же число, пропорциональное напряжению. С выхода PB4 эти строки передаются по последовательному интерфейсу в подключённый к разъёму X2 модуль ESP-01 для отправки в интернет-сервис ThingSpeak. Передача идёт посимвольно со скоростью, близкой к стандартной 9600 Бод, без контроля чика, собранного на другом отрезке такой же платы (**рис. 3**), — расположение фоторезистора R2 и светодиода HL1 с разных сторон платы, чтобы исключить нежелательное взаимодействие между ними.

В качестве трансформатора T1 использован сетевой адаптер от старого внешнего телефонного модема фирмы Motorola, не содержащий ничего, кроме трансформатора с напряжением на вторичной обмотке 9 В. Адаптер подключён к плате через не показанный на схеме разъём.

Из-за наличия аналоговых цепей устройство требует налаживания. После монтажа всех элементов, не устанавливая в панель микросхему DD1 и не подключая к разъёму X2 модуль ESP-01, проверьте работу цепей питания. На входе стабилизатора DA2 должно быть постоянное напряжение 9...15 В (в зависимости от используемого трансфор-

Налаживание оптического датчика сводится к подборке резистора R1 таким образом, чтобы при затенённом фоторезисторе R2 (когда его сопротивление максимально) светодиод HL1 был выключен, а при освещённом фоторезисторе — включён. Я использовал фоторезистор от неисправного датчика движения ДД-009.

Для правильной оценки сетевого напряжения регистратором необходимо задать коэффициент пересчёта значения кода, полученного с выхода АЦП микроконтроллера DD1, в значение сетевого напряжения. Этот коэффициент в дальнейшем требуется занести в константу kVolt скетча, загружаемого в модуль ESP-01.

Чтобы получить этот коэффициент, установите микроконтроллер DD1 в панель на плате и загрузите с помощью программатора, подключённого к разъёму X1, коды из приложенного к статье

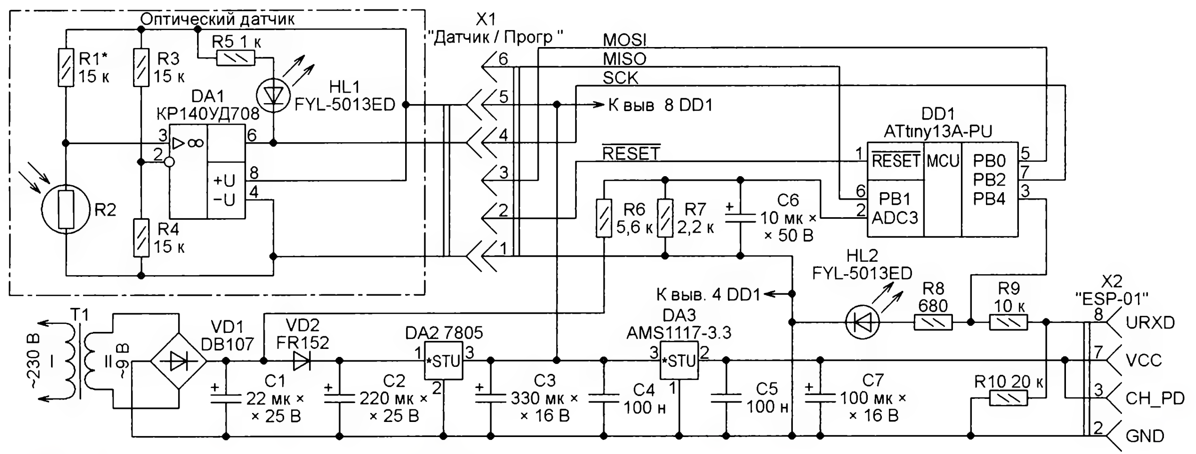
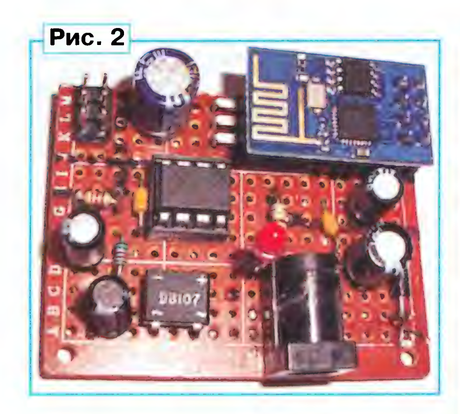


Рис. 1

Рис. 2



чётности и с двумя стоповыми разрядами. Преобразует пятивольтный уровень сигнала на выходе микроконтроллера в допустимый для входа URXD модуля ESP-01 трёхвольтный уровень резистивный делитель напряжения R9R10.

Питает модуль ESP-01 напряжение 3,3 В, полученное с помощью интегрального стабилизатора DA3 AMS1117-3.3. Пиковый ток, потребляемый этим модулем, может достигать 300 мА.

Печатная плата для регистратора не разрабатывалась. Его основная часть собрана на фрагменте макетной платы (**рис. 2**). Особенность оптического дат-



Рис. 3

матора T1 и текущего значения напряжения в сети). На выв. 8 панели для DD1 проверьте наличие напряжения 5 В. На контактах 3 и 7 разъёма X2 напряжение должно быть 3,3 В. Затем, подбирая сопротивление резисторов R6 и R7, добейтесь напряжения на входе ADC3 DD1 в пределах 4...4,5 В при номинальном напряжении в сети ~230 В. Все постоянные напряжения измеряйте относительно общего провода (например, контакта 2 разъёма X2).

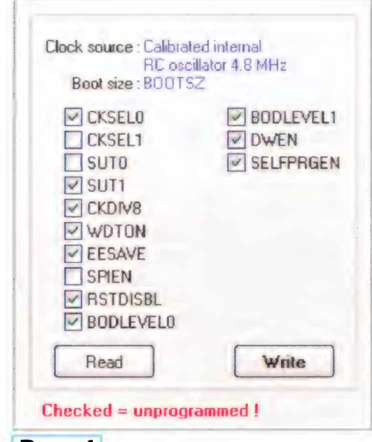


Рис. 4

файла pc6COM.hex в его программную память. Конфигурацию микроконтроллера запрограммируйте согласно **рис. 4** (изображена вкладка Fuse bits окна "Опции проекта" программы Algorithm Builder).

К контакту 8 разъёма X2 подключите ТТЛ-вход Rx переходника UART—USB. Этот переходник в дальнейшем потребуется и для загрузки программы в

Приём статей: mail@radio.ru
Вопросы: consult@radio.ru

модуль ESP-01. Не забудьте соединить цепи общего провода переходника и регистратора. Подключите разъём USB переходника к соответствующему разъёму компьютера, на котором запущен монитор последовательного порта программы Arduino IDE. Установите в мониторе скорость 9600 Бод.

Включите регистратор и наблюдайте в окне монитора передаваемые им сообщения. Они должны выглядеть, как показано на **рис. 5**. В рассматриваемом случае имеют значение только четыре последних шестнадцатеричных



Рис. 5

цифры каждого сообщения. Это — код с выхода АЦП. Зафиксируйте несколько последовательных значений этого кода, одновременно измеряя вольтметром напряжение U в сети. Преобразовав шестнадцатеричные значения в десятичные, найдите их среднее арифметическое $N_{ср}$. Теперь можно определить коэффициент пересчёта по формуле

$$kVolt = U/N_{ср}.$$

Вычислите его с точностью не менее трёх десятичных знаков после запятой. Откройте с помощью Arduino IDE скетч Pw_Vlt_to_ThingSpeak_1.ino и присвойте полученное значение константе kVolt. Константа kPower в этом же скетче должна быть равна числу импульсов счётчика на один киловатт-час электроэнергии. О других необходимых корректировках скетча, приложенного к статье, сказано ниже.

Алгоритм программы для микроконтроллера DD1 реализован в среде разработки Algorithm Builder for AVR. Согласно ему, в начале своей работы программа настраивает Таймер 0 на формирование запросов прерываний, следующих с периодом 53,3 мкс, инициализирует канал 3 АЦП, задавая ему формирование запросов прерывания по завершении преобразования. Далее она присваивает переменным начальные значения.

В основном цикле из результатов каждых трёх последовательных замеров напряжения программа выбирает средний. Его вместе с измеренной в прерываниях от таймера длительностью интервала времени между импульсами с электросчётчика программа упаковывает в четырёхбайтное число и с префиксом 0x отсылает его последовательному интерфейсу. Затем наступает пауза продолжительностью около 20 с до следующей передачи.

Для разработки программы для микроконтроллера модуля ESP-01 использована среда Arduino IDE. Для возможности работы с модулями ESP эту среду необходимо соответствующим образом "подготовить" [3] — задать поддержку плат ESP8266 Community, выбрать плату Generic ESP8266 Module и выбрать нужный COM-порт для связи с платой.

Работа программы начинается с настройки последовательного порта на скорость 9600 Бод и установки соединения с сетью Wi-Fi. Для успешного соединения необходимо указать в скетче параметры используемой беспроводной сети — константы ssid и password.



Field 1 Chart
test_apakhom
Power
Date

Рис. 6

В основном цикле программа ожидает заполнения буфера последовательного интерфейса принятой информацией. Затем преобразует принятую текстовую строку в два числа, содержащих сведения о периоде следования импульсов электросчётчика и напряжении в сети. С помощью коэффициентов kVolt и kPower эти числа пересчитываются в значения напряжения и мощности. Далее производится небольшая фильтрация — отбрасываются заведомо невозможные значения напряжения ниже 50 В и выше 400 В, а мощности — более 6 кВт. После этого формируется запрос на сервер api.thingspeak.com, в котором отсылаются сведения в поля field1 (мощность в ваттах) и field5 (напряжение в вольтах) канала сервиса ThingSpeak.

В поле channelID запроса указывается полученный при регистрации идентификатор канала. Чтобы получить разрешение на запись, в канал передаётся также уникальный API key (он хранится в строковой переменной writeAPIKey). Затем цикл повторяется.

Изготовив регистратор и наладив его, зарегистрируйтесь, как описано в [1], в сервисе ThingSpeak, если, конечно, это ещё не сделано. Во вновь созданном либо уже существующем канале определите два поля для накопления информации о напряжении и мощности (в рассматриваемом случае соответственно field 5 и field 1). Запишите или запомните параметры каналов ChannelID и API key для записи данных — они необходимы для корректировки "под себя" приложенного к статье скетча.

Загрузите в Arduino IDE этот скетч. Имеющиеся в нём значения константы channelID и переменной writeAPIKey замените полученными при регистрации. В константах ssid и password укажите параметры своей Wi-Fi сети (само собой, Интернет должен быть доступен). Не забудьте откорректировать константы kVolt и kPower, как было описано выше. Транслируйте скетч и загрузите результат в модуль ESP-01.

Установите запрограммированный модуль в регистратор. Закрепите плату оптического датчика на корпусе электросчётчика напротив мигающего светодиода и подайте на регистратор питание. Следите за синим светодиодом в ESP-01, он должен мигать в такт отсылаемым в ThingSpeak сообщениям.

Откройте в браузере созданный в ThingSpeak канал и наблюдайте зарегистрированную информацию о напряжении и потребляемой мощности. Для примера на **рис. 6** представлен реальный ход изменения этих параметров в квартире. Заметно, что ночью напряжение выше, а потребляемая мощность увеличивается при периодических включениях компрессора холодильника и спадает при его выключениях. Утром видно, как с пробуждением людей растёт потребляемая мощность (включаются электроприборы, освещение) и падает напряжение. Днём снова затишье, а вечером потребление опять растёт.



Рис. 7

На **рис. 7** изображён фрагмент экрана планшета с работающим виджетом IoT ThingSpeak Monitor Widget. Отображены два поля канала ThingSpeak, в которых показаны текущие (последние, записанные в поля канала) значения напряжения и мощности.

ЛИТЕРАТУРА

1. **Пахомов А.** Хранение в ThingSpeak информации о температуре и влажности. — Радио, 2018, № 7, с. 19—21.

2. **Пахомов А.** Хранение в ThingSpeak информации различных датчиков. — Радио, 2018, № 8, с. 25—27.

3. ESP8266. Работа в Arduino IDE. Часть 2 (лето 2016). — URL: **http://ucheba33.ru/?p=491** (11.07.2018).

***От редакции**. Упомянутые в статье программы имеются по адресу **http://ftp.radio.ru/pub/2018/09/p-v-1.zip** на нашем FTP-сервере.*

Сетевое питание электробритвы Supra RS-201

А. БУТОВ, с. Курба Ярославской обл.

Предназначенная для сухого бритья электробритва Supra RS-201 (**рис. 1**) пролежала несколько лет без использования, после чего оказалось, что установленный в ней Ni-MH аккумулятор типоразмера AAA (R03) ёмкостью 800 мА·ч пришёл в негодность (потеря ёмкости). У полностью заряженного аккумулятора при включении электродвигателя напряжение уменьшалось до 0,9 В, при котором электродвигатель бритвы работал медленно. Поскольку автономная работа этой электробритвы не нужна, а также по той причине, что время зарядки этого аккумулятора встроенным в электробритву импульсным зарядным устройством составляет около восьми часов, что очень долго, было принято решение переделать эту электробритву на питание от сети переменного тока 230 В.

Чтобы разобрать электробритву, надо в боковых крышках корпуса отвинтить два винта-самореза. Плату встроенного импульсного зарядного устройства с маркировкой TK31163 удаляют, поскольку оно рассчитано на малую выходную мощность. Удаляют также и аккумулятор. Предварительно запомните направление вращения электродвигателя или полярность его подключения. При напряжении питания 1,25 В электродвигатель потребляет ток 0,8 А, сопротивление его обмотки — 0,35 Ом. Для непосредственного питания бритвы от сети переменного тока 230 В была применена модернизированная плата с маркировкой 4M-2 от безымянного импульсного ЗУ для мобильных телефонов. Это ЗУ обеспечивает выходное напряжение около 5,5 В при токе нагрузки до 0,5 А (максимальная выходная мощность — 2,8 Вт).

Схема доработанной электробритвы показана на **рис. 2**. Нумерация элементов приведена в соответствии с нумерацией на монтажной плате ИБП, нумерация дополнительно установленных элементов начинается с цифры 1. Начать работы следует с переделки импульсного трансформатора T1. Обмотка III — верхняя и содержит 12 витков одножильного обмоточного провода диаметром около 0,28 мм. Не разбирая трансформатора, удаляют шесть витков этой обмотки. С оставшимися шестью витками на конденсаторе C5 будет напряжение около 1,7 В при токе нагрузки 1 А или около 3,35 В при выключенном электродвигателе M1. Это означает, что ИБП будет работать в облегчённом режиме (выходная мощность —

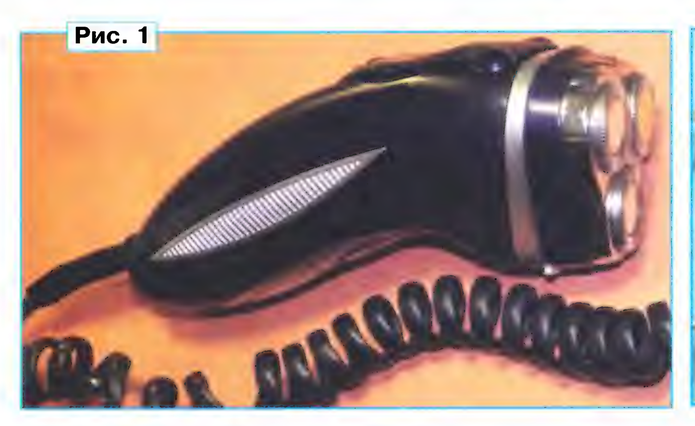


Рис. 1

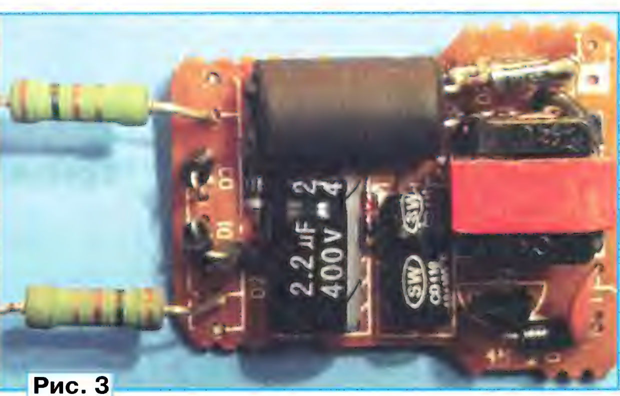


Рис. 3

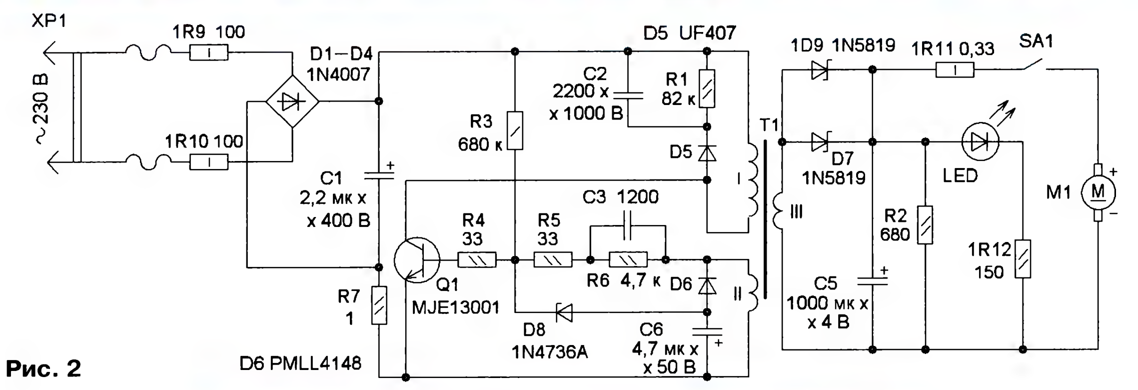


Рис. 2

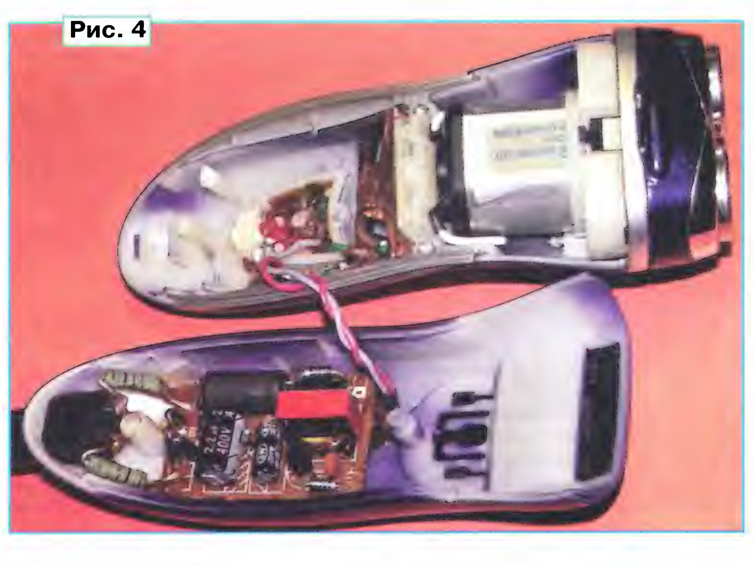


Рис. 4

РАДИО®
ПРИКЛАДНАЯ ЭЛЕКТРОНИКА
Приём статей: mail@radio.ru
Вопросы: consult@radio.ru
РАДИО № 9, 2018

1,7 Вт) по сравнению со штатным вариантом, что в лучшую сторону скажется на его надёжности.

Затем взамен конденсатора C5 ёмкостью 220 мкФ устанавливают конденсатор ёмкостью 1000 мкФ на номинальное напряжение 4 В. Поскольку корпус этого конденсатора может соприкасаться с элементами, имеющими гальваническую связь с сетью 230 В, на него надета термоусаживаемая трубка. Вместо диода 1N4007 на позиции D5 установлен быстродействующий диод UF4007. Параллельно диоду Шотки 1N5819 (D7) установлен такой же диод (1D9). Вместо этих двух диодов можно установить один более мощный, например, SK24, SK34, 1N5822. Светодиод LED выпаян из печатной платы и приклеен к одной из боковых крышек корпуса бритвы. Рядом установлен токоограничивающий резистор 1R12. При включении электродвигателя M1 светодиод гаснет. Резистор 1R11 ограничивает пусковой ток включения электродвигателя и приклеен к корпусу бритвы. Выключатель SA1 применён от этой же бритвы, он демонтирован со старой печатной платы и вклеен между двумя пластиковыми держателями, которые приклеены к крышке корпуса клеем "Квинтол". Обе группы контактов этой кнопки соединяют параллельно, при этом следует обратить внимание на то, что расположение контактов на корпусе выключателя перекрёстное. Направляющие декоративного пластмассового толкателя кнопки смазаны густой прозрачной силиконовой смазкой, внешняя пружина укорочена. Дополнительно установлены защитные невозгораемые резисторы 1R9, 1R10. Доработанная плата ИБП (**рис. 3**) приклеена к крышке корпуса клеем "Квинтол".

Внешний вид доработанной электробритвы показан на **рис. 4**. При работающем электродвигателе потребляемая мощность от сети переменного тока 230 В — около 3,1 Вт, при выключенном — около 0,7 Вт. При необходимости неисправный транзистор MJE13001 можно заменить любым из транзисторов MJE13002, MJE13003, KF13001, 3DD4242. У этих транзисторов могут быть разные корпусы и цоколёвка. Взамен применённого ИБП можно использовать практически любой аналогичный малогабаритный от ЗУ сотового телефона. Во-первых, он должен подойти по размерам, а во-вторых, он должен быть без оптопары в цепи обратной связи. Переделывают его аналогичным способом. Короткий двужильный сетевой провод от этой бритвы следует заменить более длинным, рассчитанным для работы в сети 230 В.

Контроль уровня жидкости ультразвуковым дальномером

В. БАРАНОВ, г. Санкт-Петербург

Дешёвые ультразвуковые дальномеры (HC-SR04 и им подобные) можно использовать для измерения уровня жидкостей в сосудах. Зачастую это получается проще и надёжнее, чем использование поплавковых, резистивных, ёмкостных и других традиционных датчиков уровня.

Уровнемеры, основанные на контакте измерительных электродов с жидкостью, требуют периодической чистки этих электродов, а для непроводящих жидкостей они непригодны. Поплавковые уровнемеры, основанные как на замыкании и размыкании герконов под действием поля установленного на поплавке магнита, так и на преобразовании перемещений поплавка в сопротивление переменного резистора, плохо работают в вязких средах. Многие уровнемеры сигнализируют лишь о достижении жидкостью нескольких фиксированных уровней.

Я разработал блок измерения и поддержания уровня жидкости в баке на базе ультразвукового измерителя дальности HC-SR04, принцип работы которого подробно изложен в [1]. Этот блок применён на дачном участке для поддержания уровня воды в баке умывальника и бочке для полива растений. На одном из предприятий он поддерживает необходимый уровень дизельного топлива в расходной ёмкости и нормально работает более года. К сожалению, блок не сертифицирован, поскольку процедура сертификации занимает очень много времени, а затраты на неё гораздо больше, чем на приобретение любого зарубежного аналога.

Рис. 1

Схема блока изображена на **рис. 1**. В каждом рабочем цикле, повторяющемся каждую секунду, микроконтроллер DD1 трижды запускает измеритель дальности B1, генерируя импульсы Trig длительностью 15 мкс, и получает импульсы Echo с задержкой, пропорциональной длительности распространения ультразвукового импульса от передатчика до поверхности жидкости в баке и обратно к приёмнику. Программа измеряет задержку с помощью таймера TMR1, настроенного так, что по окончании счёта число в его регистрах TMR1H и TMR1L равно длительности задержки отражённого импульса в микросекундах. Зная его, можно определить заполненность бака Q в процентах по формуле

$$Q = 100 - \frac{NTMR1}{Ht}k,$$

где NTMR1 — результат счёта (число в регистрах TMR1H и TMR1L); Ht — глубина бака (расстояние от места установки измерителя до дна), мм; k — коэффициент, пропорциональный скорости звука в воздухе, при скорости 331,8 м/с он равен 16,59. Но контрольные измерения показали, что более точные результаты получаются при k=17.

Программа рассчитывает коэффициент заполнения бака после каждого из трёх измерений, выполняемых с интервалами 200 мс. Их результаты она присваивает переменным Q1, Q2 и Q3. Затем проводит их мажоритарный отбор для выявления ошибочного результата. Такая обработка показала свою надёжность при контроле заполнения открытой бочки, когда влияние на результаты оказывают насекомые, падающие листья и механические воздействия на бочку. Для измерений в закрытых баках этот алгоритм избыточен.

Полученное в каждом цикле значение Q при работе в автоматическом режиме сравнивается с нижним порогом Q_{min} (при $Q<Q_{min}$ блок включает насос) и с верхним порогом Q_{max} (при $Q>Q_{max}$ блок выключает насос). Управляет насосом реле K1, именно от возможностей его контактов зависит допустимая мощность насоса.

Приём статей: mail@radio.ru
Вопросы: consult@radio.ru

Блок питается постоянным напряжением 12 В и потребляет ток не более 95 мА. Микроконтроллер DD1 управляет ЖКИ HG1 (одна строка из 16 символов) через сдвиговый регистр DD2. Это дало возможность занять управлением ЖКИ минимальное число выводов микроконтроллера.

Программа написана на языке ассемблера и отлажена в среде MPLABX 4.15. В ней использованы вычисления с плавающей запятой (формат чисел с плавающей запятой — один байт порядок и два байта мантисса). Нажатия на кнопки SB1 и SB2 обрабатываются по прерываниям.

Поскольку в знакогенераторе ЖКИ PC1601BC нет символов кириллицы, сообщения выводятся на английском языке. Общение с оператором происходит через систему меню ME_0—ME_5. Их перебирают нажатиями на кнопку SB1, выбирая нужное меню нажатием на кнопку SB2, при этом на экране ЖКИ появляется курсор. Выходят из меню ME_0 и ME_1 нажатием на кнопку SB2, из ME_2—ME_4 — одновременным нажатием на кнопки SB1 и SB2. Из ME_5 программа выходит автоматически по окончании записи в EEPROM.

В меню ME_2—ME_4 значение параметра увеличивается при нажатии на кнопку SB1 (с ускорением после восьмого шага), а при нажатии на кнопку SB2 оно уменьшается (также с ускорением после восьмого шага).

Меню имеют следующие функции и вид:

ME_0 — ручное управление насосом. На экран ЖКИ выводится сообщение "Pump OFF Qw=XX%" (насос выключен) или "Pump ON Qw=XX%" (насос включён), где XX — измеренный коэффициент заполнения бака. Каждое нажатие на кнопку SB1 включает или выключает насос.

ME_1 — автоматическое управление насосом. На экран выводится сообщение "AutoQw Y Qw=XX%". Буква "Y" означает, что насос включён. В противном случае она отсутствует.

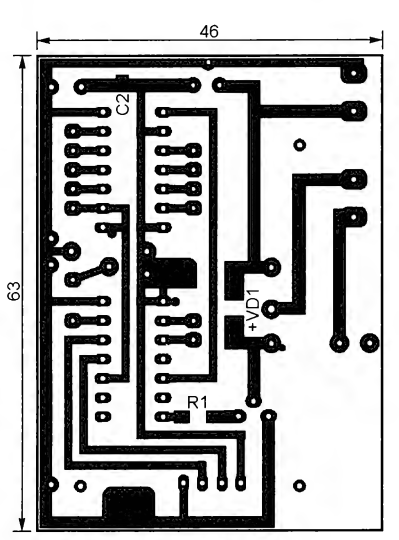
ME_2 — установка порога включения насоса. На экран ЖКИ выводится сообщение "Set min Qw=XX%", где XX — значение коэффициента заполнения при уровне жидкости, меньше которого насос будет включён.

ME_3 — установка порога выключения насоса. На экран выводится сообщение "Set max Qw=XX%" , где XX — значение коэффициента заполнения при уровне жидкости, больше которого насос будет выключен.

ME_4 — установка глубины бака. На экран выводится сообщение "Set Ht = ZZZmm ", где ZZZ — глубина бака, мм.

ME_5 — запись параметров в EEPROM микроконтроллера. На экран ЖКИ выводится сообщение "EEPROM Set OFF". По окончании записи вместо OFF будет выведено YYY.

Блок смонтирован на печатной плате из фольгированного с одной стороны стеклотекстолита, чертёж которой показан на **рис. 2**. Её помещают в пластмассовый корпус подходящего размера с вырезанным в нём окном для экрана индикатора HG1. На одной из стенок корпуса размещают кнопки SB1 и SB2. Излучатель и приёмник ультразвука модуля HC-SR04 должны выступать из корпуса. Прибор необходимо зафиксировать в верхней части бака (выше максимально возможного уровня жидкости), направив излучателем и приёмником ультразвука вниз.



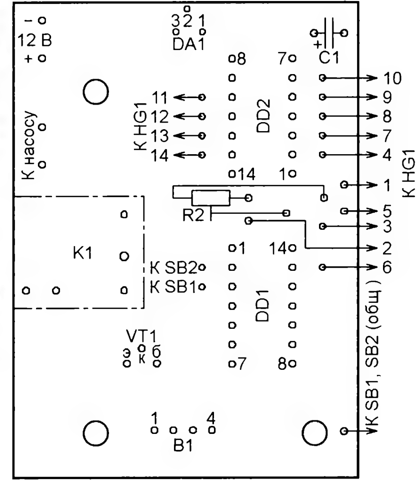


Рис. 2

Реле K1 — 4117-C-Z с обмоткой на 12 В. Предельный коммутируемый его контактами ток — 10 А, максимальное коммутируемое переменное напряжение — 380 В. У меня такое реле управляет электродвигателем насоса мощностью 1,5 кВт. При необходимости это реле можно заменить на 51.9.012.0000, но печатную плату под него придётся корректировать.

Резистор R1 и конденсатор C2 — для поверхностного монтажа типоразмеров соответственно 1206 и 0805. Оксидный конденсатор C1 — К50-6, К50-35 или импортный. Транзистор КТ315Г можно заменить другим структуры n-p-n с допустимым током коллектора не менее 0,15 А и коэффициентом передачи тока базы больше 40. Диод Шотки SS14 можно заменить любым, в том числе обычным кремниевым диодом с допустимым прямым током больше рабочего тока обмотки применённого реле и обратным напряжением не менее 15...20 В.

Так как АЦП микроконтроллера программа не использует, микроконтроллер PIC16F676-I/P можно заменить на PIC16F630-I/P, но потребуется небольшая корректировка программы. Сдвиговый регистр 74HC164N можно заменить на К561ИР2. ЖКИ PC1601BC при необходимости может быть без изменения схемы подключения заменён одним из более распространённых символьных ЖКИ, имеющих две строки по 16 символов. Это позволит выводить на его экран более информативные сообщения. При наличии в знакогенераторе ЖКИ русских букв англоязычные сообщения можно заменить русскоязычными. Запас программной памяти для подобных усовершенствований в применённом микроконтроллере есть (используется 77 %).

Перед началом использования блока нужно установить в меню ME_2–ME_4 значения верхнего порога, нижнего порога и глубины бака. Затем записать их в EEPROM, выбрав меню ME_5.

ЛИТЕРАТУРА

1. **Нечаев И.** Ультразвуковой дальномер HC-SR04 без микроконтроллера. Часть 1. Сигнализаторы присутствия. — Радио, 2018, № 4, с. 59—62.

2. **Кухлинг X.** Справочник по физике. — М.: МИР, 1983.

*От редакции. Программа микроконтроллера имеется по адресу **http://ftp.radio.ru/pub/2018/09/biu.zip** на нашем FTP-сервере.*

Приём статей: mail@radio.ru
Вопросы: consult@radio.ru

Доработка универсального кабельного прибора

В. КОКОШИНСКИЙ, г. Истра Московской обл.

В журнале "Радио" № 8 за 2017 год на с. 44—47 была опубликована статья "Универсальный кабельный прибор". Максимальное число одновременно подключаемых к прибору проводов при проверке кабельных изделий — 45. При проверке кабельных изделий в автоматическом режиме с меньшим числом проводов узел индикатора номера провода в активном блоке останавливает счёт не на последнем проводе, а на единицу больше. Например, если кабель имеет 20 проводов, то показания индикатора — "21" и светодиод HL1 "Исправен" гаснет, поскольку разрывается электрическая цепь из-за отсутствия 21-го провода. В процессе проверки приходится учитывать, что число проводов в кабеле на единицу меньше и кабель считать исправным.

Для исключения указанного неудобства предлагаю дополнить прибор блоком остановки коммутатора на последнем проводе кабеля, при этом светодиод "Исправен" не гаснет и сигнализирует об его исправности.

Схема блока приведена на **рисунке**. Вход счётчика-дешифратора DD1 (вывод 14) подключают к выходу логического элемента DD3.1 (вывод 11) в активном блоке (см. рис. 1 в указанной выше статье), на котором формируются импульсы для счётчика DD4 индикатора номера провода активного блока. Счётчик DD1 подсчитывает единицы, а DD2 — десятки импульсов, несущих информацию о номере провода. Выбор последнего провода производят переключателями SA1 и SA2. Переключателем SA1 устанавливают единицы, а переключателем SA2 — десятки числа проводов в кабеле. В момент, когда на выходах счётчиков DD1, DD2, соответствующих положениям переключателей, появляются уровни лог. 1, на выходе элемента 2И-НЕ DD3.1 появляется уровень лог. 0, а на выходе элемента DD3.2, включённого инвертором, — лог. 1. Тринистор VS1 открывается, и срабатывает реле K1. Нормально замкнутые контакты K1.1 (11 и 12) реле K1, включённые в разрыв провода, соединяющего между собой контакты 5 кнопки SB3 и 1 переключателя SA2 соответственно, размыкаются. На генератор тактовых импульсов прекращается подача питающего напряжения. Прибор останавливает свою работу на заданном переключателями SA1 и SA2 последнем номере провода кабеля.

Другими контактами K1.2 (22 и 23) реле K1 становится на самоблокировку, шунтируя тринистор VS1. Загорается светодиод "Исправен", а индикаторы HG1, HG2 высвечивают номер последнего провода в кабеле.

Обратите внимание, что в схеме на рис. 1 в указанной выше статье допущена опечатка. На рисунке схемы генератора тактовых импульсов вместо надписи К561ИЕ10 над микросхемой DD2 должно быть написано К561ИЕ16.

Желающим повторить данный прибор следует учесть, что тринисторы КУ101Е имеют значительный разброс по минимальному току открывания управляющего электрода. Поэтому для малочувствительных по этому параметру тринисторов необходимо в активном блоке вместо конденсаторов C10—C54, кроме идущих от выводов 11 микросхем DD11—DD15 (К561ИЕ8), установить проволочные перемычки, а у идущих от указанных выводов увеличить ёмкость до 2,2 мкФ. Кроме того, резисторы R18—R62 с номинальным сопротивлением 3,6 кОм заменить резисторами с номинальным сопротивлением 10 кОм. Из-за возможной неодновременности замыканий контактных групп в кнопке SB3 желательна её замена реле, имеющим две группы переключающих контактов, а управление состоянием реле возложить на обычную кнопку с двумя контактами на замыкание.

Управление водоснабжением дачного участка

К. СТЕПАНОВ, г. Таганрог Ростовской обл.

Система водоснабжения моего дачного участка состоит из двух баков, представляющих собой сообщающиеся сосуды. Это значительно упрощает систему, поскольку воду нужно подавать насосом только в основной бак, находящийся на чердаке дома. В нём я установил поплавок с магнитом и два геркона, как описано в заметке **А. Агаркова** "Блок управления насосом... с поплавково-герконовым датчиком" ("Радио", 1992, № 1, с. 24, 25), но устройство управления им изменил. Оно собрано по схеме, показанной на **рис. 1**.

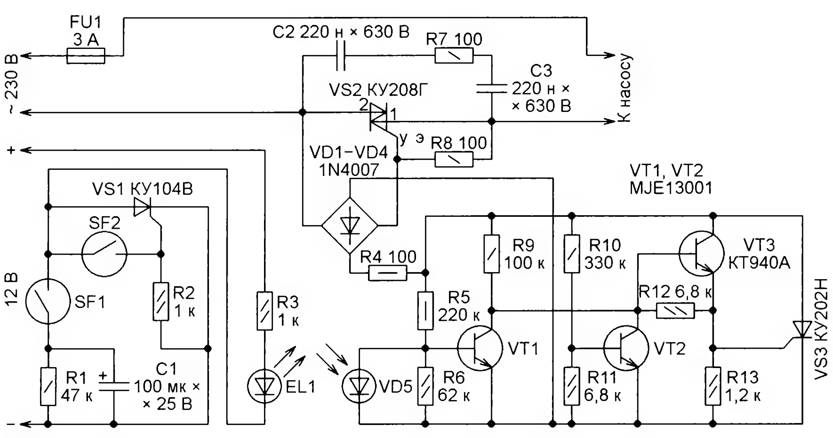
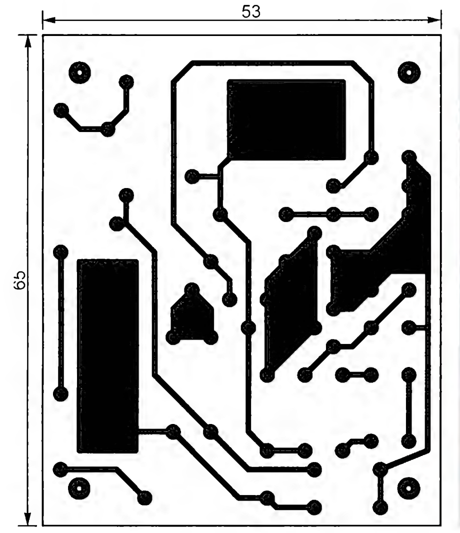


Рис. 1



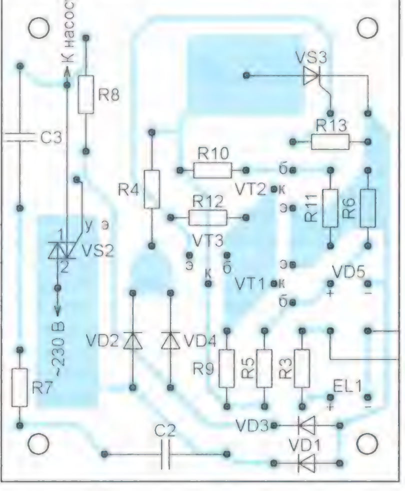


Рис. 2

Как только поплавок с магнитом опускается до нижнего геркона SF2 (это означает, что воды в баке нет) нижнего уровня, открывается тринистор VS1, что приводит к запуску насоса, подающего воду из колодца в бак. По достижении водой в баке уровня установки верхнего геркона SF1 его контакты замыкаются и конденсатор C1 заряжается, шунтируя тринистор. При этом текущий через тринистор ток становится меньше его тока удержания. Поэтому тринистор закрывается, выключая насос. Резистор R1 служит для полной разрядки конденсатора C1, когда геркон SF1 разомкнут.

Описанный узел контроля уровня воды в баке питают от любого источника постоянного напряжения 12...24 В, обеспечивающего ток нагрузки не менее 80 мА. С успехом подойдёт, например, блок питания от телевизионного антенного усилителя.

Насосом управляет не электромагнитное реле, а электронный коммутатор на симисторе VS2. Это связано с устройством вибрационного насоса. Я заметил, что в момент включения с помощью реле в насосе иногда слышен резкий щелчок. Значит, включение пришлось на момент, когда мгновенное значение переменного сетевого напряжения максимально. При этом сила удара якоря насоса об его магнитопровод также максимальна, что приводит, в конце концов, к расплющиванию магнитопровода или к разрыву поршня насоса. Поскольку насос целый день (особенно летом) работает в старт-стопном режиме, это приводит к его быстрому износу. Чтобы этого не происходило, включать насос следует только в момент перехода мгновенного значения напряжения в сети через ноль. Для этого я и применил электронный коммутатор.

Фазоимпульсное управление симистором при индуктивной нагрузке оказалось неустойчивым, и симистор через некоторое время сгорел. Оказалось, что для надёжной работы необходимо подавать напряжение на управляющий электрод симистора VS2 в течение всего полупериода. Узел определения момента этого перехода собран на транзисторе VT2.

Электронный коммутатор связан с герконами и тринистором VS1 через самодельную оптопару, образованную излучающим диодом EL1 и фотодиодом VD5. Это обеспечивает изоляцию установленных на водяном баке герконов от сети ~230 В, питающей насос. Возможна подборка резистора R6 для надёжного закрывания транзистора VT1 и резистора R11 для правильного формирования транзистором VT3 сигнала, который открывает тринистор VS3 на весь полупериод сетевого напряжения. Некоторые экземпляры симисторов КУ208Г требуют довольно большого тока управления (до 200 мА). Чтобы увеличить его, номинал резистора R4 можно уменьшить вплоть до исключения этого резистора из схемы.

Чертёж печатной платы электронного коммутатора изображён на **рис. 2**. Все детали установлены на ней со стороны печатных проводников, их выводы припаяны к контактным площадкам "внакладку". Излучающий диод EL1 и фотодиод VD5, извлечённые из пожарного датчика дыма ИП212, плотно вставлены с двух сторон в отрезок ПВХ трубки длиной около 10 мм оптическими окнами навстречу. Их выводы припаяны к соответствующим контактным площадкам платы. Провода, идущие от сети ~230 В и к насосу, припаяны непосредственно к выводам симистора VS2.

Транзисторы MJE13001 — из энергосберегающих ламп. Вместо транзистора КТ940А подойдёт MJE13003. Тринистор КУ208Г можно заменить на ТС122-25-8.

Приём статей: mail@radio.ru
Вопросы: consult@radio.ru

Электроприборами управляет Facebook

Д. ПАНКРАТЬЕВ, г. Ташкент, Узбекистан

Статья [1] того же автора была посвящена дистанционному управлению электроприборами через Интернет с помощью мессенджера Telegram. Однако сегодня нередко возникает необходимость искать альтернативные методы решения подобных задач. Это может быть связано как с техническими, так и социальными факторами. В новой статье автор описывает способ управления промышленными и бытовыми электроприборами с помощью платформы Facebook Messenger. Принцип управления и аппаратная основа комплекса остались теми же — программа-бот, обрабатывающая запросы интернет-мессенджера, работает на одноплатном микрокомпьютере Orange PI (клоне Raspberry PI) под управлением ОС Linux Armbian.

Область возможных применений описываемого аппаратно-программного комплекса может быть довольно широкой — от простого управления потребителями электрической энергии до получения аудиовизуальной информации, поступающей от систем аудиомониторинга, видеонаблюдения и даже контроля состояния больного.



Рис. 1

Схематично структура комплекса представлена на **рис. 1**. Интернет-мессенджер Facebook напрямую общается со страницей приложения, запросы которой перенаправляются так называемому Webhook, своего рода шлюзу между страницей приложения и ботом [2], и далее программе-боту контроллера. Ответы на запросы поступают от контроллера в обратном порядке. Передача информации происходит по протоколу HTTPS, причём "самоподписанные" SSL-сертификаты не поддерживаются.

Вполне разумное и технически верное решение — совместная реализация Webhook и бота непосредственно в контроллере. Но такой подход требует наличия статического IP-адреса и SSL-сертификата, что, естественно, связано с дополнительными материальными затратами. Выход из положения — использовать для Webhook сторонние облачные сервисы, предоставляющие интегрированную среду разработки (IDE) и веб-хостинг с поддержкой SSL. Такие сервисы позволяют создавать, запускать и отлаживать программы, используя только браузер. Как правило, IDE включает в себя редактор, отладчик и терминал, а также имеет предустановленный набор инструментов для ряда языков программирования. С точки зрения уменьшения расходов на содержание системы такое решение оправдано, далее рассматривается именно этот способ реализации.

В качестве облачного сервиса можно использовать AWS Cloud9, Heroku.com или рекомендуемый разработчиками Facebook Glitch.com. Эти сервисы, как и большинство им подобных, предоставляют возможность бесплатного использования на определённых условиях. Например, число запросов за месяц не должно превышать определённого значения. Подробно с этими условиями можно ознакомиться на страницах самих ресурсов [3—5], чтобы выбрать из них наиболее подходящий.

AWS Cloud9 требует регистрации с указанием реквизитов банковской карты. Это, однако, мощный ресурс, удобный в работе и предоставляющий широкий набор возможностей, впрочем, излишних в рассматриваемом случае. Heroku.com требует установки консольного клиентского приложения, что создаёт некоторые неудобства, особенно на фоне остальных сервисов. Glitch.com выглядит вполне комфортной средой разработки, позволяет приступить к работе быстро, без регистрации, всего по одному клику на странице справки Facebook. Но он предназначен для программирования только на языке NodeJs. Это как раз то, что нужно.

Очевидно, необходимо сделать небольшое отступление и ответить на вопрос, почему именно NodeJs, и что это такое? Это серверный JavaScript, интерпретируемый и выполняемый вне браузера на движке V8 VM от Google в среде исполнения JavaScript, которую использует браузер Google Chrome [6, 7]. NodeJs, в отличие от привычного JavaScript, снабжён API для работы с устройствами ввода-вывода и файловой системой, а также имеет множество подключаемых библиотек (модулей), что делает его полноценным языком программирования высокого уровня.

Все запросы обрабатываются в одном потоке на основе принципа обратного вызова (callback), не создавая для каждого запроса отдельный экземпляр скрипта. JavaScript обладает возможностью передать функцию как параметр в другую функцию. Поэтому, когда происходит определённое событие, связанное с некоторым методом, в этот метод передаётся функция для исполнения. Конечно, преимущества NodeJs в полной мере проявляются на высоконагруженных платформах, в частности на Facebook. В рассматриваемом случае его использование оправдано как по соображениям унификации частей комплекса, так и снижения нагрузки на сравнительно малопроизводительный контроллер.

Кроме того, веб-сервер в NodeJs — составная часть приложения и не реализуется отдельно, как в привычных системах класса "веб-сервер — приложение". С этой точки зрения идеально было бы создать в самом контроллере сертифицированный HTTPS-сервер, обрабатывающий запросы от приложения Facebook. Но поскольку поставлено условие низкой стоимости проекта, контроллер будет клиентом, периодически опрашивающим Webhook на предмет наличия команд для исполнения. Благодаря NodeJs платформа оказывается максимально подготовленной к переходу при необходимости на концепцию с использованием веб-сервера. NodeJs имеет специальные модули, предназначенные для работы с портами ввода-вывода Raspberry PI и Orange PI, что обеспечивает возможность прямого обращения программы-бота к этим портам.

Процесс создания бота состоит из трёх ключевых этапов: регистрации и настройки страницы приложения на Facebook, создания Webhook и собственно программы-бота. Если учётная запись уже есть, сразу на ресурсе **https://developers.facebook.com/** переходите к созданию учётной записи разработчика. В противном случае сначала зарегистрируйтесь на Facebook.

Последовательно пройдите, как описано в [8], этапы: "Начать работу"→"Создать аккаунт"→"Add first product" (добавить первый продукт)→"Messenger".

Затем пройдите по пути "Настройки мессенджера"→"Генерирование маркера"→"Создать новую страницу"→ "Компания или бренд". Здесь введите "Название и Категорию", "Страницу приложения", установите "Фото профиля" и "Фото обложки" (последние два шага можно пропустить).

Создайте отдельное имя пользователя для страницы через соответствующий пункт меню. По этому имени Messenger будет идентифицировать созданный бот. В силу особенностей платформы разработка анонимных ботов исключена. Теперь можно посещать созданную страницу по адресу **fb.me/<имя_пользователя>** и отправлять сообщения, используя адрес **m.me/<имя_пользователя>**.

С целью авторизации все запросы к API Messenger Platform должны содер-

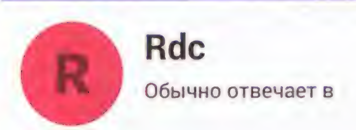


Рис. 2

жать маркер доступа на уровне страницы. Поэтому возвратитесь к настройкам мессенджера (к пункту "Генерирование маркера"→"Выбрать страницу", которая пока одна) и скопируйте созданный маркер в надёжное место. Для дальнейшего заполнения формы требуется иметь общедоступный URL Webhook. Чтобы создать рабочий проект Webhook по шаблону, воспользуйтесь рекомендациями п. 3 документа [9].

Нажмите на экранную кнопку "Работа с Glitch" или перейдите по ссылке **https://glitch.com/~messenger-platform-quick-start** и затем в открывшемся окне выберите Remix Your Own. Учтите, что на момент написания статьи корректная работа с ресурсом возможна только в браузере Google Chrome. Создайте файл простого приложения app.js по шаблону на Glitch, подставляя в скрытый файл конфигурации окружения .env константу PAGE_ACCESS_TOKEN с сохранённым ранее маркером. Хранение его значения в константе окружения, а не в самой программе, повышает уровень безопасности.

Раскройте меню, находящееся в левом верхнем углу панели разработчика Glitch, и скопируйте URL проекта в поле "URL обратного вызова" настроек Webhook, обязательно добавив к нему постфикс /webhook. Заполните также поле "Маркер подтверждения" и установите разрешения messages и messaging_postbacks. При сохранении настроек происходит автоматическая проверка взаимодействия Webhook с платформой Messenger. Если она прошла успешно, будет предложено выбрать страницу для подписки на получение событий Webhook, что и следует сделать. Настройки подписки и событий можно впоследствии редактировать.

Затем откройте "Страница приложения"→"Настройки"→"Платформа Messenger"→"Привязать приложение к

```
# Remote Devices Control Project
# Дистанционное управление электроприборами
# на платформе Facebook Messenger

# Environment Config
# Webhook для IDE Glitch.com

# Автор Панкратьев Д. И., 2018

# store your secrets and config variables in here
# only invited collaborators will be able
# to see your .env values

# reference these in your
# code with process.env.SECRET

PAGE_ACCESS_TOKEN="<page_access_token>";
DEV_LST="Список устройств:\n1 Устр.1\n2 Устр.2\n...\n";
# note: .env is a shell file so
# there can't be spaces around =
```

странице". Здесь в разделе "Обмен сообщениями" отключите опцию "Предлагайте посетителям отправлять сообщения" и включите "Show a Messenger greeting". При этом заполните текстовое поле приветствия с краткой справкой по использованию бота. Текст может быть примерно таким, как на **рис. 2**. Максимальное число знаков в сообщении — 160. Посредством пункта "Персонализация ответа" можно включить в приветствие имя, фамилию пользователя и URL своей страницы.

Приложение можно оставить в режиме разработки, отправлять его на проверку и публикацию для общего доступа нет необходимости. Для работы с приложением в таком режиме пользователь должен быть его администратором, разработчиком или тестировщиком. Необходимо составить список доверенных лиц. Это обеспечит высокий уровень безопасности.

По завершении проверки взаимодействия мессенджера с Webhook код шаблона замените кодом рабочего приложения. Его файл app.js имеется в приложении к статье. Для максимальной разгрузки контроллера на серверную часть возложены основные функции парсинга (разбора) POST- и GET-запросов к Webhook, обработка событий, проверка сообщений на корректность, формирование соответствующих команд контроллеру, получение ответов от него и формирование сообщений для мессенджера, проверка связи с контроллером. Код приложения Webhook снабжён достаточно подробными комментариями, поэтому здесь рассмотрим только основные моменты и принципы построения.

После импорта требуемых модулей и назначения констант и переменных запускается веб-сервер и определяются функции разбора POST- и GET-запросов. Webhook взаимодействует с платформой мессенджера обоими методами, как определено разработчиком, а с контроллером — только методом GET. Для авторизации при обращении к мессенджеру и к контроллеру использован один и тот же маркер. Однако они могут быть и разными. Это дополнительно повысит безопасность системы.

С той же целью маркер хранят в скрытом файле .env с описаниями переменных окружения (**таблица**). Следует иметь в виду, что этот файл типичен только для среды Glitch, где для обращения к нему предусмотрена специальная инструкция process.env. Внутри функции app.get() происходит проверка режима подписки и токена [10] в отношении мессенджера. При успешной проверке Webhook отправляет стандартный ответ 200 (OK) и принимает содержимое POST-сообщения. Далее функция app.post() проверяет тип объекта запроса (страницы приложения), получает событие webhook, определяет идентификатор отправителя, проверяют тип события (message или postback) и вызывает соответствующий обработчик.

В обработчике проверяются сообщения на наличие и корректность текста, а также проверяется связь с контроллером, формирование команды и создание текста сообщения. Разбор и формирование команд происходят с помощью функции checkCommand(). Команда управления, как было упомянуто в приветствии, должна иметь цифровой формат и содержать номер устройства и код операции (0 — выключить, 1 — включить, 2 — проверить состояние). Принято, что кодом операции служит последняя цифра команды, причём цифра, равная или больше двух, считается запросом проверки состояния устройства. Если в тексте сообщения присутствует нецифровой символ (за исключением одиночных букв У и П), команда считается недействительной, о чём будет послано сообщение. Проверка на корректность производится в Юникоде, в котором цифрам 0—9 соответствуют коды 48—57.

Встроенным средством разметки в NodeJs служит JSON [11]. Весь обмен информацией с платформой мессенджера происходит в этом формате. Для унификации информация приложений в большинстве случаев тоже представле-

Приём статей: mail@radio.ru
Вопросы: consult@radio.ru

РАДИО № 9, 2018

на в виде JSON-объектов. Формируемые команды имеют внутреннее представление вида {"dev":"xy","set":"0/1/2"}, где dev — идентификатор устройства, set — код операции. Идентификатор 0 используется для одновременного обращения ко всем устройствам. Комбинация {"dev":"0","set":"1"} имеет логическое значение "Включить всё" и служит для отмены текущей команды в ходе выполнения программы.

Как было отмечено ранее, контроллер периодически опрашивает Webhook на предмет наличия новой команды. Признаком её запроса служит нулевое значение параметра q. Внешним форматом представления команды для отправки контроллеру служит формат csv с разделением номера устройства и кода команды символом точки с запятой. Текстовую строку в этом формате отправляют контроллеру в ответ на запрос. При отсутствии активной команды передают строку 0;1.

Периодические запросы с нулевым параметром q служат также для определения наличия связи с контроллером. Если между двумя последовательными командами значение переменной nq (счётчика запросов) не изменилось, мессенджеру будет отправлено сообщение об отсутствии связи.

Рассматриваемая реализация приложения не использует буфер команд. Поэтому, если контроллер недоступен, последовательность ранее полученных, но ещё не исполненных команд будет потеряна. Это целесообразно по той простой причине, что за время отсутствия связи необходимость исполнения некоторых команд может отпасть, а бесконтрольное выполнение накопленной последовательности команд даже может представить опасность.

Значение параметра q = 1 контроллер использует для передачи статуса текущей команды, который он передаёт вместе с идентификатором устройства (параметром d) отдельным параметром st, принимающим следующие значения: 0 — устройство выключено, 1 — устройство включено, 2 — команда не выполнена, 3 — устройство отсутствует.

Помимо команд управления, предусмотрены служебные команды: У — получить список устройств, П — проверка связи с контроллером. Заметим, что при попытке подать команду, предписывающую изменить состояние порта, запрограммированного как вход, будет получен ответ "Устройство отсутствует", в то же время чтение его статуса — нормальная операция.

Список устройств хранится в строковой переменной DEV_LST окружения Webhook в формате "<номер_устройства><название>\n<...><...>\n", где \n — символ перевода строки. Например, "1 Устройство 1\n2 Устройство 2\n". Этот список справочный, он не запрещает подавать команды несуществующим устройствам. Правильность синтаксиса команд проверяется на уровне Webhook, а их соответствие реальным устройствам — на уровне контроллера. Это исключает необходимость жёсткой привязки списков среднего и нижнего уровней (пользуясь терминологией АСУТП) и вполне оправдано, поскольку наличие любого устройства проверяется по списку контроллера, но можно создавать "скрытые" реальные устройства, не входящие в список мессенджера.

Существует возможность создавать меню или командные кнопки аналогично списку команд в [1]. Однако в Messenger Facebook число пунктов главного меню ограничено тремя, вложенных меню — двумя, а их пунктов — пятью. Отсюда возникает необходимость деления каналов управления на группы и усложнения пользовательского интерфейса. Эти ограничения не позволяют построить развитую систему, так что использование меню вряд ли можно считать оправданным.

opi@orangepipcplus: ~

```
opi@orangepipcplus:~$ gpio readall
```

BCM	wPi	Name	Mode	V	Physical	Physical	V	Mode	Name	wPi	BCM
		3.3v			1	2			5v		
12	8	SDA.0	ALT5	0	3	4			5V		
11	9	SCL.0	ALT5	0	5	6			0v		
6	7	GPIO.7	ALT3	0	7	8	0	ALT3	TxD3	15	13
		0v			9	10	0	ALT3	RxD3	16	14
1	0	RxD2	OUT	0	11	12	0	OUT	GPIO.1	1	110
0	2	TxD2	OUT	0	13	14			0v		
3	3	CTS2	IN	1	15	16	0	IN	GPIO.4	4	68
		3.3v			17	18	1	IN	GPIO.5	5	71
64	12	MOSI	ALT4	0	19	20			0v		
65	13	MISO	ALT4	0	21	22	1	OUT	RTS2	6	2
66	14	SCLK	ALT4	0	23	24	0	ALT4	CE0	10	67
		0v			25	26	0	ALT3	GPIO.11	11	21
19	30	SDA.1	ALT4	0	27	28	0	ALT4	SCL.1	31	18
7	21	GPIO.21	ALT3	0	29	30			0v		
8	22	GPIO.22	ALT3	0	31	32	0	ALT3	RTS1	26	200
9	23	GPIO.23	ALT3	0	33	34			0v		
10	24	GPIO.24	ALT3	0	35	36	0	ALT3	CTS1	27	201
20	25	GPIO.25	ALT3	0	37	38	0	ALT3	TxD1	28	198
		0v			39	40	0	ALT3	RxD1	29	199
BCM	wPi	Name	Mode	V	Physical	Physical	V	Mode	Name	wPi	BCM

Orange Pi

```
opi@orangepipcplus:~$
```

Рис. 3

Для желающих поэкспериментировать в этом направлении в комментариях к исходному тексту приложения app.js приведён пример шаблона с кнопками обратного вызова. Возвращаемый тип события — messaging_postback, для обработки которого предусмотрена функция handlePostback().

Перейдём к рассмотрению исполнительной (контроллерной) части комплекса. Процесс установки и настройки ОС Armbian Linux на Orange PI подробно описан в [1], поэтому останавливаться на нём не будем. Последующая установка среды исполнения NodeJs заключается в получении архива с её действующей версией из репозитария [12] и выполнении инструкций [13]. Следует помнить, что Raspberry PI и его аналоги построены на платформе ARM, архивы ОС для них именуют по шаблону node-vX.Y.Z-linux-armv7l.tar.gz, где X.Y.Z — номер версии. У автора установлена версия 6.11.4.

Содержимое архива распакуйте в /etc/node с помощью файлового менеджера Midnight Commander или команд:

```
tar xvzf node-vX.Y.Z-linux
§-armv7l.tar.gz
rm -rf node-vX.Y.Z-linux
§-armv7l.tar.gz
sudo mkdir /etc/node
sudo cp -a node*/* /etc/node
```

Прим. ред. *Здесь и далее знак § в начале строки означает, что эта строка — продолжение предыдущей. При вводе в компьютер их следует объединить, удалив знак §.*

Для нормальной работы необходимо добавить путь к исполняемым файлам NodeJs в переменную окружения PATH и профили пользователей root и opi:

```
sudo -i
PATH=$PATH:/etc/node/bin
export PATH
echo "export PATH" >>
§ /root/.profile
echo "export PATH" >>
§ /home/opi/.profile
exit
```

Правильность установки проверьте командами, выводящими номера версий node и npm (менеджера пакетов):

```
node -v
npm -v
```

Затем установите библиотеку WiringOP, как описано в [1]. Для этого необходимо наличие в системе пакета git-core. Устанавливают WiringOP в соответствии с инструкциями для процессоров различных типов, приведёнными в [14]. В частности, для Orange PI SoC h3 последовательность команд выглядит так:

```
git clone https://github.com/
§zhaolei/WiringOP.git -b h3
chmod +x ./build
sudo ./build
```

Работоспособность WiringOP проверьте командой gpio readall, которая выведет подобный показанному на **рис. 3** список выводов 40-контактного разъёма с их наименованиями, соответствием индексам WiringOP и действующими уровнями напряжения.

Исполняемый файл проекта app.js поместите в директорию /etc/node/js/FB_RDC. Сюда же нужно скопировать из вышестоящей директории /etc/node директорию node_modules с содержимым. Подключитесь к сети Интернет и, находясь в рабочей директории проекта, запустите менеджер пакетов для установки дополнительных модулей orange-pi-gpio и csv-parse:

```
npm install --save orange-pi-gpio
npm install --save csv-parse
```

Модуль orange-pi-gpio [15] обеспечивает работу среды NodeJs с библиотекой WiringOP.

После импорта модулей назначьте константы URL и токен Webhook. В качестве base_url используйте назначенный Glitch адрес. VERIFY_TOKEN — токен для запросов к Webhook. Затем задайте массивы описания выводов в порядке нумерации библиотеки WiringOP и инициализируйте порты. В рассматриваемом случае предусмотрена конфигурация их как выходов, входов и входов с установленным на них с помощью внутренних резисторов высоким логическим уровнем. Поскольку Orange-pi-gpio при инициализации по умолчанию устанавливает для выводов режим выхода, допустимо указывать только номера таких выводов. Функция Timeout обеспечивает задержку подачи питания на выходные буферные каскады.

Основные функции приложения — отправка запросов Webhook и обработка команд — выполняются по таймеру. Период повторения запросов можно изменять произвольно. Однако даже при высокой скорости соединения вряд ли есть смысл делать его меньшим секунды. Опытным путём установлено, что оптимальный период опроса совпадает с тем, что принят по умолчанию для верхнего уровня большинства промышленных АСУТП и равен 2 с.

Отправляет запрос Webhook функция qry() с параметрами, описанными выше. Ответ в виде строки формата csv будет присвоен переменной s, которую передают как параметр в функцию cmd_parse(). Она присваивает соответствующие значения переменным dev (номер канала) и cmd (команда управления). Сочетание этих переменных проходит ряд проверок, по результатам которых выполняются операции записи/чтения соответствующих разрядов регистров ввода/вывода. Каждая операция записи завершается проверкой статуса разряда. Сброс текущей команды функция qry() выполняет после получения результата запроса.

Запускают программу-бот консольной командой из рабочей директории проекта командой

```
node app.js
```



Рис. 4

Инструкции console.log() предназначены для вывода на консоль служебной и отладочной (закомментированные строки) информации, что позволяет следить за ходом выполнения программы и обменом данными. Пример такого вывода показан на **рис. 4**. Прекратить выполнение можно нажатием сочетания клавиш Ctrl+C.

Типичный вид окна мессенджера в процессе работы с ботом показан на **рис. 5**.

Схема соединения выводов микрокомпьютера с исполнительными устройствами и датчиками идентична описанной в [1] и здесь не приводится. Гальваническая развязка входов реализована с помощью электромагнитных реле, а выходов — с помощью буферных транзисторных ключей и симисторных оптронов, а при необходимости управления мощной нагрузкой и дополнительных симисторов. Программное управление питанием электронных ключей позволяет избежать возможных ложных срабатываний в процессе инициализации портов.

Рис. 5

Микрокомпьютер, как и в [1], помещён в стандартный корпус, реле и оптроны установлены на дополнительной монтажной плате. Весь узел управления может быть собран в общем корпусе, обеспечивающем необходимую защиту от внешних воздействий. Напомню, что особенность микрокомпьютера Raspberry PI и его клонов, в том числе Orange Pi, — повышенное тепловыделение процессора и отсутствие готовых решений, предотвращающих его возможное повреждение при перегреве. Поэтому об этом следует позаботиться самостоятельно, установив теплоотвод, предназначенный для конкретного типа микрокомпьютера, или использовать подходящий от старых микропроцессоров i386 или i486.

Питают микрокомпьютер от стабилизированного блока питания напряжением 5 В с допустимым током нагрузки не менее 1 А.

ЛИТЕРАТУРА

1. **Панкратьев Д.** Telegram управляет электроприборами. — Радио, 2018, № 5, с. 30—32.
2. Настройка Webhook. — URL: **https://developers.facebook.com/docs/messenger-platform/getting-started/webhook-setup** (08.07.18).
3. AWS Cloud9. Облачная IDE для создания, запуска и отладки кода. — URL: **https://aws.amazon.com/ru/cloud9/** (14.06.2018).
4. Heroku Dev Center. — URL: **https://heroku.com** (14.06.2018).
5. Glitch. — URL: **https://glitch.com** (14.06.2018).
6. Node.Js. — URL: **https://nodejs.org** (14.06.2018).
7. Node.js для начинающих. — URL: **http://www.nodebeginner.ru/** (14.06.2018).
8. Настройка приложения Facebook. — URL: **https://developers.facebook.com/docs/messenger-platform/getting-started/app-setup** (14.06.2018).
9. Платформа Messenger. Руководство по быстрому началу работы. — URL: **https://developers.facebook.com/docs/messenger-platform/getting-started/quick-start/** (14.06.2018).
10. Платформа Messenger. Webhook. — URL: **https://developers.facebook.com/docs/messenger-platform/webhook** (14.06.2018).
11. Introducing JSON. — URL: **http://www.json.org** (14.06.2018).
12. Node.Js. Index of /dist/. — URL: **http://nodejs.org/dist/** (14.06.2018).
13. Установка Node.js. — URL: **https://pcminipro.ru/os/linux-armbian/ustanovka-node-js/** (14.06.2018).
14. WiringOP Library на Orange Pi. GPIO с использованием языка Си. — URL: **http://pcminipro.ru/orangepi/wiringop-wiringpi-na-orange-pi/** (14.06.2018).
15. NPM JS. Orange-Pi-Gpio. — URL: **https://www.npmjs.com/package/orange-pi-gpio** (14.06.2018).

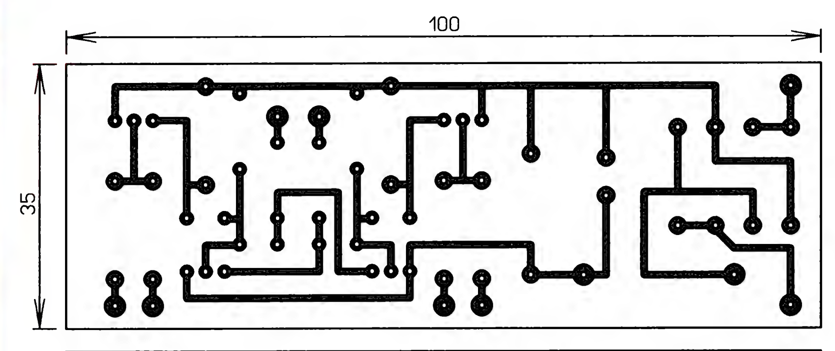
*__От редакции__. Исходные тексты приложений находятся по адресу **http://ftp.radio.ru/pub/2018/09/app.zip** на нашем FTP-сервере.*

НАША КОНСУЛЬТАЦИЯ

ЕКИМОВ А. "Бегущие огни" на тринисторах. — Радио, 2018, № 9, с. 64.

Печатная плата.

Чертёж печатной платы устройства и расположение элементов приведены на **рис. 1**.



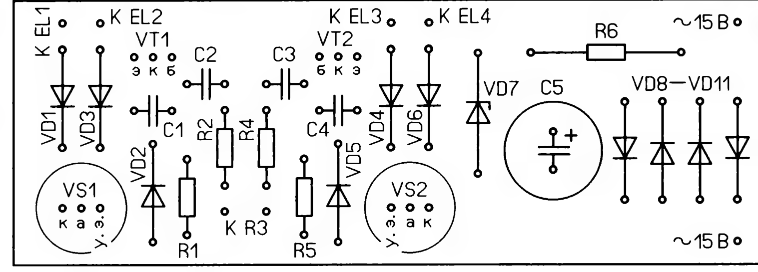
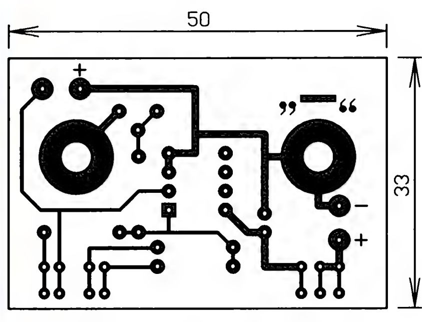


Рис. 1

САЛИМОВ Н. Измеритель освещённости. — Радио, 2018, № 9, с. 57, 58.

Печатная плата.

Чертёж печатной платы измерителя и расположение элементов, кроме батареи питания GB1, приведены на **рис. 2**. Плата крепится на выводах микроамперметра двумя гайками. Подстроечный резистор — СП3-38а или аналогичный импортный. Переключатели SA1, SA2 — движковые угловые на плату серии МК, например, МК-22D10 и МК-23D38 (SM191) соответственно, или прямые серии MS — MS-22D16 и MS-23D18 соответственно.



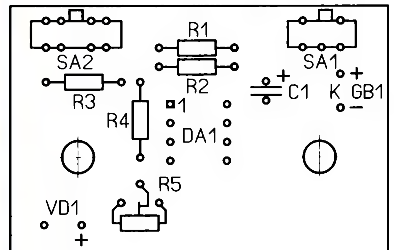
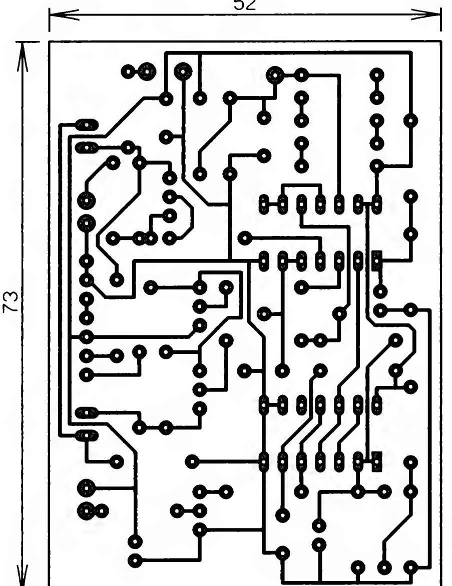


Рис. 2



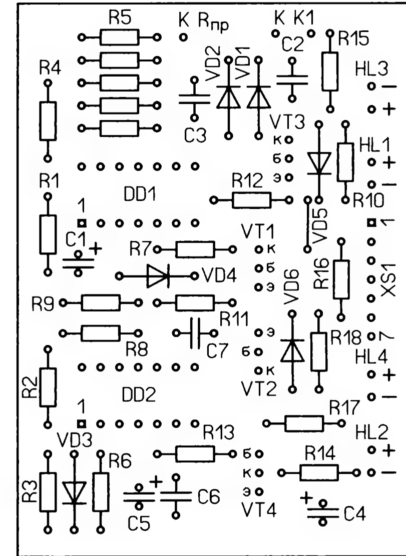


Рис. 3

КАРПАЧЕВ А. Блок розжига и контроля пламени для газового поточного водонагревателя. — Радио, 2017, № 12, с. 30—33.

Печатная плата.

Чертёж печатной платы устройства управления (рис. 1 в статье) и расположение элементов, кроме резистора $R_{пр}$ и реле К1, приведены на **рис. 3**. Для удобства разводки проводников в цепях R10HL1, R14HL2, R15K1 оказалось целесообразным элементы поменять местами. Проект макета печатной платы предложил **Молотков Л.** (р. п. Торбеево, Мордовия).

От редакции. *Чертежи печатной платы в форматах Sprint LayOut 5.0 и TIFF имеются по адресу* ***http://ftp.radio.ru/pub/2018/09/br.zip*** *на нашем FTP-сервере.*

ОБРАТИТЕ ВНИМАНИЕ

ДЕМЬЯНОВ А. Акустическая система "SEVINA" (VERNA 50A-003). — Радио, 2015, № 2, с. 7—11.

График на рис. 5.

На рис. 5 в статье представлены графики АЧХ НЧ-СЧ-головки AUDAX HM170MN0, где синим цветом показана АЧХ на оси головки, а красным — под углом 30 градусов к оси.

БУТОВ А. Лабораторный блок питания на ИМС LM78S40N. — Радио, 2018, № 4, с. 18—21.

Исправления в принципиальной схеме на рис. 1.

1. Номинальное сопротивление резистора R9 — 10 кОм.

2. Удалить линию связи между выводами 1, 3 диода VD6 и линией, соединяющей обмотку II трансформатора Т1, конденсаторы С14, С21, выводы 1, 3 диода VD3 и вывод 2 диода VD6.

3. Жёлтый провод вольтметра PV1 должен быть подключён к плюсовому выводу конденсатора С13.

E-mail: consult@radio.ru

В Дресвищи за медалями

Игорь ГРИГОРЬЕВ (RV3DA),
д. Дресвищи, Нижегородская обл. — г. Коломна, Московская обл.

— Что это у вас в багаже? — Строгий сотрудник службы безопасности Московского вокзала Нижнего Новгорода очень внимательно изучает свидетельства о регистрации РЭС на каждый из трёх трансиверов Elecraft K-3 и, кажется, вполне удовлетворяется.

— А это что за металл в рюкзаке?

— Это наши медали! Золотые! Мы первенство России выиграли!

— Молодцы! Счастливого пути!

И вот уже наша "Ласточка" летит домой, и встречные поезда гудками приветствуют команду молодых радиоспортсменов Москвы и Подмосковья, отдавшую все силы спортивной борьбе и мирно дремлющую в вагоне.



Молодёжная команда Оренбургской области. Слева—направо: судья при команде Александр Ганин (RT3T), спортсмены — Артём Артюшкин (RU8T) и Леонид Иванов (UB8SDV). Фото Аркадия Артюшкина (R8TA).



Молодёжная команда Новосибирской области. Стоит тренер команды Анатолий Полевик (RC9O), сидят слева—направо: спортсмены Алексей Полевик (RA9P) и Егор Морозов (UD9P). Фото Льва Солдатова (R3TIG).

А началось всё год назад — в августе 2017 г. Именно тогда было принято решение об объединении сил и средств Московского и Подмосковного региональных отделений Союза радиолюбителей, спонсоров, муниципальных органов исполнительной власти и опытных радиоспортсменов для серьёзной спортивной подготовки молодёжи столичного региона. Итогом этой подготовки должна была стать группа молодых радиоспортсменов высокого класса, проявляющих интерес к радиоспорту, регулярно выступающих в соревнованиях по радиосвязи на КВ и скоростной радиотелеграфии и показывающих на них высокие результаты.

Сначала нужно было познакомить друг с другом всех участников проекта. Для этого на контест-позиции R2DT был организован однодневный сбор, на который были приглашены молодые радиоспортсмены столичного региона, умеющие быстро и качественно проводить радиосвязи в реальном радиоэфире телеграфом и телефоном. Самых маленьких пригласили с родителями. Формат сбора — "шашлыки и радио" — предполагал не только общение на природе, но и проведение радиосвязей в эфире на серьёзной аппаратуре под руководством спортивных "гуру", в роли которых выступили Леонид Радченко (RA5A) и Александр Гиманов (UA5C). В непринуждённой обстановке мы не только знакомились с ребятами, но и оценивали даже не столько уровень их подготовки, сколько заинтересованность в происходящем: горят глаза от вида суперстанции или нет. Все прекрасно понимали: если есть желание и начальные навыки — успехи будут. Время показало, что мы не ошиблись.

А дальше была нужна практика, много практики. Вся наша молодёжь занимается радиосвязью в свободное от учёбы время либо в учреждениях дополнительного образования с педагогами, либо дома с родителями. В обоих случаях в условиях городского "радиосмога", низких малоэффективных городских антенн, агрессивных соседей получить навыки работы в эфире весьма проблематично. Выручили современные технологии удалённого управления радиостанцией. Дома у молодых спортсменов устанавливалась передняя панель Elecraft K-3 с "коробочкой", подключаемой к Интернету. На домашний компьютер при этом устанавливался контест-логгер, как правило, DX-log. Всего в проекте были задействованы три таких комплекта, позволявших трём молодым спортсменам управлять под присмотром взрослых частью аппаратуры, установленной на радиостанции R2DT. Сначала возможность управлять станцией из дома предоставлялась на

Окончание.
Начало см. на 2-й с. обложки

короткий срок — несколько дней, максимум — неделю, а потом проводился разбор итогов работы. Самое главное — никто ни кого не заставлял использовать полученную технику.

Параллельно шла работа по организации Московских городских и областных первенств по скоростной радиотелеграфии. Таких стартов, собирающих до полусотни юных участников, традиционно проводится два. Один — в Москве, в Центре "Исток", расположенном в Тёплом стане, другой — в Наро-Фоминском районе Подмосковья. В апреле 2018 г. подмосковное первенство впервые принял Наро-Фоминский филиал Санкт-Петербургского института внешне-экономических связей, экономики и права, предоставив участникам все необходимые ресурсы, а спонсоры обеспечили участников бесплатным обедом. Ни одно, ни другое соревнование не было бы возможно провести без кропотливой подготовительной работы структурных подразделений СРР.

Все участники проекта в течение года регулярно выходили на старт молодёжных соревнований, проводимых Союзом радиолюбителей России. В "Молодёжном Кубке Попова", "Дружбе", "Снежинке", "Регионе" и первенстве России отрабатывались навыки командной работы с нескольких рабочих мест с распределением обязанностей в соответствии с намеченной тактикой работы. Главный итог этих стартов — победа команды RA5D в старшей возрастной группе первенства России 2018 г. с наивысшим результатом среди всех участников первенства.

Молодёжные соревнования СРР проводятся телефоном, а нам был интересен прежде всего телеграф. Для получения практики командной работы в телеграфных соревнованиях на станции RM5A было организовано участие молодёжи в CQ WW WPX CW Contest, а окончательным этапом спортивной подготовки к первенству России в Дресвищах стало участие кандидатов в сборные Москвы и области Артёма Качанко (RG5F), Филиппа Адильшина (R5FD), Даниила Смирнова (R5CA) и Матвея Лобачёва (UA3AQA) в работе радиостанции R3HQ в рамках чемпионата мира IARU-R1 HF Championship.



На пьедестале почёта победители чемпионата России в категории радиостанций с одним участником. Слева—направо: главный судья соревнований Михаил Клоков (UA9PM), главный секретарь соревнований Андрей Нехорошев (RV9WB), судья Егор Лошкарёв (UA4NFD), третий призёр чемпионата Василий Козеродов (RN4NW), судья Владимир Злыднев (UA3A), чемпион России 2018 г. Максим Шуманов (RA1AL), судья Андрей Комаров (R8FF), второй призёр чемпионата Михаил Набокин (R9GM), судья Алексей Леунов (UA4H). Фото Владимира Рябова (RA4LW).

Готовилась к первенству в Дресвищах и аппаратура, причём самими юными спортсменами! По выданному техническому заданию будущий победитель первенства Даниил Смирнов (R5CA) самостоятельно изготовил два блока управления коммутатором и два комплекта соединительных шнуров к ним. Управление каждым блоком осуществлялось от трансивера Elecraft K-3, а собственно коммутация антенного выхода трансивера на фидеры антенн диапазона 7 МГц и ВЧ-диапазонов производилась коммутатором 1x4 фирмы R-Quad. При разработке и изготовлении блоков управления коммутатором были применены покупные релейные модули из комплекта Arduino, а бенд-декодер был разработан и изготовлен полностью самостоятельно — от принципиальной схемы до печатной платы и её монтажа. Блоки размещены в стандартных пластиковых корпусах и снабжены светодиодами, индицирующими состояние системы в целом.

Теперь о финансах. Московское областное отделение СРР аккредитовано при Минспорте Московской области и может направлять своих спортсменов на соревнования по радиоспорту за счёт средств бюджета Московской области. Первенство России было предусмотрительно включено в областной ЕКП, и оплата билетов и проживания двух молодых спортсменов и двух их тренеров, один из которых дополнительно выполнял функции судьи, осуществлялась за счёт бюджетных средств. Что касается финансовой поддержки спортсменов и тренеров, представляющих Москву, то её оказал Михаил Могутов (RL3AA).

Ещё пару слов об организации поездки. Все молодые спортсмены были застрахованы, причём не стандартной дешёвой страховкой, действие которой распространяется только на период соревнований, а полной, включающей в себя ещё и дорогу. На все радиоэлектронные средства имелась необходимая разрешительная документация, а на спортсменов — спортивная — разрядные книжки. Мы заранее подготовились к тому, что на базе "Русский дом" действует единственный надёжный оператор мобильной связи.

Увы, никакая, даже самая тщательная подготовка не спасает от неожиданностей. За два часа до начала моего пути в Дресвищи на электричке из Коломны раздался звонок, и Константин Дудов (R2ADJ), который должен был выполнять роль ответственного и одновременно техника в московской команде, грустным голосом сообщил, что вместо "Русского дома" ближайшее время ему предстоит провести в местной больнице. Что поделаешь... От такого варианта развития событий не застрахован никто. В итоге Президент СРР выполнял свои президентские обязанности лишь на торжественных церемониях открытия и закрытия соревнований, а всё остальное время работал представителем и одновременно техником в команде юниоров Москвы.

Дресвищи встретили нас тёплой облачной погодой. Сразу после размещения всех членов команды в Доме рыбака спортсмены прошли мандатную комиссию и собрались на торжественное открытие. Флаг XXVII чемпионата и первенства России по радиоспорту (радиосвязь на КВ-смесь) было доверено поднять победителям прошлогоднего первенства — юниорам из Новосибирска Алексею Полевику (RA9P) и Егору Морозову (UD9P). После открытия судьи отправились на судейский семинар, внимательно выслушали главного судью и главного секретаря и, самое главное, получили конверты с позывными для тех команд, которые они будут судить.

Пятница — решающий день подготовки к соревнованиям, который встретил нас проливным дождём. Вселяли надежду только заранее собранные организаторами соревнований антенны ВЧ-диапазонов, которые необходимо было опустить на землю, закрепить проволочную антенну диапазона 7 МГц, подключить все антенны к фидерам, а затем поднять в рабочее положение и настроить антенну диапазона 7 МГц. А заодно — собрать палатку, подключить

бензогенератор и аппаратуру и провести пробные радиосвязи. Пришлось вспомнить чемпионаты страны, проведённые в подмосковном Домодедове десять лет назад, и легендарный WRTC-2010, в котором довелось принимать участие в качестве волонтёра.

Глаза страшатся, а руки делают. Вот уже и дождь закончился, и на позиции команды Московской области собраны и настроены все антенны, установлены палатка и генератор, а мы отправляем всех членов команды на обед, а сами вдвоём с Даниилом Смирновым (R5CA) из Москвы переходим на позицию его команды, чтобы подключить кабели и настроить антенну диапазона 7 МГц.

станций. Ещё раз объясняю спортсменам тактику, которой им предстоит придерживаться в соревнованиях. Подъезжает наш судья Олег (RD1A) из команды друзей-соперников из Санкт-Петербурга и дотошно выполняет все проверки, предусмотренные Регламентом соревнований и указанные в контрольном листе судьи. Всё готово к старту.

Пятнадцать минут до старта. Заводится бензогенератор. Всё включено. Ручки усиления установлены "на ноль". В логгер вводится позывной первого тура.

Старт. Выхожу из палатки. Внутри только три человека — Даниил Смирнов (R5CA), Матвей Лобачёв (UA3AQA) и судья Олег Стрибный (RD1A). Из ельни-

сложно сидеть без перерыва все восемь часов. Затем Матвей меняет Даниила и переходит в телефон. Зовут. Темп хороший. Третий тур самый удачный — 248 QSO.

К берегу пристаёт лодка с грибниками. Корзинки полны грибов. Подходит местный житель и спрашивает, что происходит. Рассказываю. В разговоре выясняется, что он имеет отношение к радиосвязи и Нижегородскому государственному университету им. Н. И. Лобачевского, в Коломне у него есть родственники, а родственники моего земляка — академика и ракетостроителя Виктора Макеева — живут на противоположном берегу реки. Как же тесен наш мир!



Участники первенства России по радиоспорту (радиосвязь на КВ-смесь) на торжественной церемонии награждения. Слева—направо: Филипп Адильшин (R5FD), Артём Качанко (RG5F), Президент СРР Игорь Григорьев (RV3DA), Егор Морозов (UD9P), Алексей Полевик (RA9P), тренер Ирина Грачёва (RL3AX), Матвей Лобачёв (UB3AQA), Даниил Смирнов (R5CA), Артём Артюшкин (RU8T), тренер Аркадий Артюшкин (R8TA), Леонид Иванов (UB8SDV), судья Сергей Верещагин (RW9SW), Вероника Крупина (UB3DPF), Ксения Емельянова (UB3DPE), Леонид Каштуров (UB1AMG), Александр Прошин (R1A-330). Фото Владимира Рябова (RA4LW).

После нескольких попыток регулировки длины антенного полотна антенный анализатор RigExpert AA-54 показывает КСВ меньше 1,2 и вполне приемлемый КСВ на всех высокочастотных диапазонах. С обеда возвращаются наши коллеги, и тут приступаем к обеду уже мы, с удивлением замечая, что из-за сетчатого забора за нами пристально наблюдают ... местные индюки. Вот и палатка собрана и генератор заведён. Трансивер, ноутбук и все "коробочки" заработали сразу. Ура! Проведены радиосвязи телефоном и телеграфом на всех диапазонах. А вот на подмосковной позиции что-то не включилось. Windows (ох уж этот Windows!) не увидел USB-устройство, хотя вечером при проверках видел его без проблем.

Проходим техническую комиссию, сдаём позиции под охрану, забираем все трансиверы, ноутбуки и вспомогательные "коробочки" — и на базу, в "Русский дом", выяснять причину неполадок.

Сразу же выясняется, что достаточно два раза поменять порт в ноутбуке и всё начинает работать. На этом поиски заканчиваем и идём на ужин.

Утро субботы. Погода для соревнований идеальная. Тепло, но не жарко. Солнце скрыто за облаками, но дождя явно не предвидится. Расходимся по позициям. Включаемся. Проводим контрольные связи. Всё работает. Все готовы к старту. На всех диапазонах, включая 28 МГц, слышны сигналы радио-

ка гудит бензогенератор. За забором "разговаривают" друг с другом индюки. По дорожке мимо палатки, не обращая на нас никакого внимания, идут местные жители с корзинками. Подходят к берегу, садятся в лодку и плывут на другой берег реки Мичи в высокий сосновый лес за грибами.

Из палатки выбегает Матвей и разворачивает антенну на северо-восток. Отлично! План выполняется. Это пошли связи на диапазоне 28 МГц с восточными корреспондентами. Быстро заканчивается первый час. Захожу в палатку и на экране монитора вижу цифру 111. Это общее число связей. Идём по плану.

По Миче, в сторону Горьковского водохранилища, с шумом проносятся скоростные моторные лодки. Раздаётся жужжание кос: жители Вязовиков косят траву. Конец второго часа и первого тура. На мониторе 243 QSO, из которых большинство — телеграфные.

Подходит Лев Солдатов (R3TIG) с фотоаппаратом и видеокамерой. Делает несколько фото. Снимает видео. Договариваюсь с ним об использовании этих фото для журнала "Радио". Конец второго тура. Всего 63 связи за второй час и 195 связей за тур. Плохо. Что случилось, неисправность? В ответ на мой вопрос короткое: "Не зовут...". Ладно, позже разберёмся.

Иду в деревню на колонку за водой. Возвращаюсь и вижу, как разминается Матвей. Конечно, ему в свои 13 лет ещё

Финиш. За последний четвёртый тур проведено 211 связей. Наш судья Олег (RD1A) показывает свои записи и подробно объясняет Даниилу с Матвеем все допущенные ими ошибки. Благодарим Олега за объективность. Даниил готовит отчёт, звукозапись и сдаёт их судье. Начинаем разбирать позицию, укладываем палатку, грузим в машину бензогенератор. Теперь все идут на ужин, и остаётся только ждать результатов. По связям команда Даниила и Матвея на втором месте, но число связей — показатель очень приблизительный. Всё решит качество работы и множитель, точное исполнение тренерских установок.

После ужина работаю вместе с ГССК. Выполняю разовые поручения главного судьи. Я хоть и Президент СРР, но для ГССК я сейчас всего лишь технический специалист, помощник. Боремся с местным Интернетом, показывающим высокую скорость на закачку данных, но крайне низкую на отдачу. Сервер UA9QCQ напрочь отказывается устанавливать связь с судейским ноутбуком главного судьи соревнований Михаила Клокова (UA9PM), разрывая соединение по таймауту. Помогает Олег (UA9QCQ) — диктует по телефону необходимые настройки. Делаем их, и связь устанавливается.

Скачиваем отчёты участников. Николай Гончаров (RA3TT) занимается своей привычной работой — прослушивает звукозаписи участников. У команды Марий Эл отсутствует самоконтроль на

звукозаписи — это нарушение тянет на штраф в 10 % результата. У хабаровчан на одном рабочем месте оказалась неправильно установлена дата — возможно, сказалась большая разница с местным временем в Хабаровске. За это тоже штраф в 10 %.

Девчата из Подмосковья, хоть и третий раз принимают участие в первенстве России, не смогли правильно составить отчёты. Их "шапки" пришлось переделывать вручную. За это спортсмены оштрафованы на 5 % общего результата.

А вот у Евгения Даниэльяна (R2AA) совсем курьёзный случай: позывные, распределённые с первого по четвёртый тур, были использованы им в обратном порядке. Увы, но это 20 % штрафа...

Ближе к двум часам ночи на ноутбуке UA9PM запускается первый прогон судейской программы UA4WLI. Затем у всех потенциальных призёров дополнительно проверяются связи, дающие множители.

Пока ГССК занимается судейством, с Алексеем Малышевым (RW3TN) подвожу итоги закупки шнуров для антенных растяжек и метизов, выполнения работ по восстановлению материальной части соревнований и финансированию этих работ со стороны Союза радиолюбителей и спонсоров, работающих с СРР. Зная, что Алексей вкладывает в организацию соревнований большой объём собственных средств, передаю ему предложение председателя попечительского совета СРР Дмитрия Воронина (RA5DU) войти в состав Совета и получаю согласие.

А вот и результаты соревнований. В чемпионате всё без больших неожиданностей. А на результаты первенства смотрю и не верю своим глазам. Даниил (R5CA) и Матвей (UA3AQA) — первые, уступив сильной команде Оренбургской области — Артёму Артюшкину (RU8T) и Леониду Иванову (UB8SDV) в числе связей, но в конечном счёте выиграв за счёт множителя. Новосибирцы Алексей Полевик (RA9P) и Егор Морозов (UD9P) совсем немного уступали лидерам в каждом туре, в итоге они — третьи. А Артём Качанко (RG5F) и Филипп Адильшин (R5FD) из Подмосковья, начавшие соревнования с последнего места по итогам первого тура и сильно прибавлявшие с каждым часом по ходу теста, финишировали четвёртыми. На пятом месте — девчата из Подмосковья — Ксения Емельянова (UB4DPE) и Виктория Крупина (UB4DPF). Их результат примерно такой же, как и год назад. На шестом месте — юниоры из Санкт-Петербурга Александр Прошин (R1A-330) и Леонид Каштуров (UB1AMG), проводившие радиосвязи только телефоном.

С утра в воскресенье — завтрак и приятная процедура награждения. Под аплодисменты участников и зрителей вручаю золотые медали Минспорта России победителям чемпионата — Андрею Меланьину (UA3DPX) и Игорю Королькову (UA4FER), представляющим Московскую область, а также Максиму Шуманову (RA1AL) из Санкт-Петербурга. Вручаю серебряные и бронзовые медали призёрам.

А на награждение победителей первенства на подиум вызываются все его участники. Победителям вручаются Кубки, все призёры награждаются медалями и дипломами Министерства спорта России, а также ценными призами, подготовленными организаторами.

Приятно было слышать аплодисменты, которыми встречали участников первенства. Промежуточный финиш большой работы Союза по поддержке молодёжного радиоспорта и первый шаг навстречу WRTC-2022, который состоится через четыре года в итальянской Болонье, оказался удачным.

В заключение от имени Союза радиолюбителей России хочу выразить искреннюю благодарность всем, кто работал над тем, чтобы соревнования состоялись, была подготовлена материальная часть и собран наградной фонд: Алексею Малышеву (RW3TN), Михаилу Могутову (RL3AA), Антону Житкову, Алексею Щербакову (RT3M), Илье Золоткову (RU3M), Игорю Насонову (UG3G), Андрею Маркелову (RL4R), Павлу Шитикову (UA4LL), Олегу Архипову (RW3TJ), Александру Ганину (RT3T), Олегу Лагурашвили (UA3TT), Дмитрию Коленчуку (R3GM), Дмитрию Пантелееву (RU3TJ), Сергею Тарасенко (UA3YY), Вадиму Травину (RX4W), Игорю Королькову (UA4FER), Андрею Меланьину (UA3DPX), Сергею Копотилову (RA9DM), Валерию Васильеву (R9CW), Крису Димитриевицу (VK3FY), Виктору Бондареву (UA9OC), Андрею Нехорошеву (RV9WB), Татьяне Белоусовой (RM9WT), Сергею Филоненко (UA0SC), Николаю Корневу (RA3AN), Евгению Даниэльяну (R2AA), Сергею Яцкиву (RN3RQ), Игорю Вачевскому (RJ4P), Владимиру Кучину (RT3N), Евгению Глухову (R4AS), Руслану Владимирову (UA4Z), Вадиму Кузьмину (R2TT), Юрию Котельникову (RT9S), Андрею Гаврину (RU9LA), Михаилу Набокину (R9GM), Дмитрию Орехову (RW3MR), Георгию Теньшову (RQ7M), Николаю Куприну (R3KM), Василию Козеродову (RW4NW), Олегу Боярскому (UA4NIA), Виктору Зыкову (UA4NCE), Леониду Радченко (RA5A), а также РО СРР по Нижегородской области и Московскому областному отделению СРР.

Хочу также поблагодарить тех, кто вложил свои силы и средства в подготовку молодёжных команд столичного региона: Министерство физической культуры и спорта Московской области, Красногорскую районную общественную организацию "Спортивно-технический радиоклуб", Администрацию Наро-Фоминского городского округа, директора Наро-Фоминского филиала Санкт-Петербургского института внешнеэкономических связей экономики и права Ирину Вихляеву и преподавателя этого ВУЗа Александра Данилова, заместителя председателя местного отделения Российского Военно-исторического общества Наро-Фоминского городского округа Рафата Динюшева, Президента Торгово-промышленной палаты Наро-Фоминского городского округа Игоря Шаповалова, генерального директора ООО ПКФ "Таврос" Антона Сурушкина, предпринимателя Евгения Якшина, а также тренеров и радиолюбителей Ирину Грачёву (RL5A), Владимира Шевелкина (R2DEW), Андрея Берлянского (RW3DU), Георгия Мельникова (RN3AC).

Участие в этих соревнованиях открыто для радиолюбителей всех стран мира. Но само событие, которому они посвящены, — чисто российское и поэтому естественно, что основная масса их участников, конечно, россияне. Заметную группу в них составляют и наши ближайшие соседи — спортсмены из стран, возникших после распада СССР. Поэтому неудивительно, что в одиннадцати зачётных группах чаще в числе победителей оказываются российские коротковолновики.

В соревнованиях приняли участие около 600 спортсменов.

В группе участников "один оператор CW HIGH" лучшим стал Сергей Ребров (P3X) из г. Киева, Украина. Немного уступил ему Владимир Винниченко (UP0L) из г. Костаная, Казахстан, занявший второе место. На третье место в этой группе вышел литовец Римас Балтусис (LY6A) из г. Ужусаляя.

Ивица Новак (9A1AA) из г. Белишче, Хорватия показал лучший результат в группе "один оператор CW LOW". На второе место в этой группе так же, как и в прошлом году, вышел Владимир Супрунов (UR7MZ) из г. Вахрушево Луганской области, Украина. Третье место здесь занял Юрий Валуйский (UA5F) из Троицка (Москва).

В группе "один оператор SSB HIGH" на первое место вышел Валерий Нестеров (RT9J) из г. Нижневартовска Ханты-Мансийского автономного округа. В прошлом году он был третьим в этой группе. Сергей Чеботарёв (RW1F) из г. Санкт-Петербурга занял второе место. На третьем месте в этой группе — Александр Чуркин (RM4HZ) из с. Новый Буян Самарской области.

Константин Малышев (RD9U) из г. Новокузнецка Кемеровской области был лучшим в группе "один оператор SSB LOW". Алексей Соколов (RW3XZ) из г. Обнинска Калужской области — на втором месте. Третьим в этой группе оказался Сергей Карпов (UA0SE) из г. Ангарска Иркутской области.

Александр Новиков (R3LA) из г. Смоленска уверенно вышел на первое место в самой серьёзной группе соревнующихся — "один оператор MIXED HIGH". На втором месте в этой группе так же, как и в прошлом году, — Виктор Кондратьев (UA6CC) из станицы Старовеличковская Краснодарского края, а на третьем — Геннадий Колмаков (UA9MA) из г. Омска.

В группе "один оператор MIXED LOW" первое место, как и в прошлом году, занял Игорь Зубков (RM2T) из Нижнего Новгорода. Вторым здесь был представитель Украины Павел Кириченко (UV7V) из с. Онуфриевки Кировоградской области, а на третье место вышел Владимир Попов (R3OM) из г. Нововоронежа Воронежской области.

В ветеранской группе "50 и более HIGH" вновь, как и в прошлом году, победил Юрий Котельников (RT9S) из п. Энергетик Оренбургской области. На второе место вышел Константин

"Старый Новый год 2018" — итоги

Хачатуров (RT3A) из Москвы. Третье место, повторив прошлогодний результат, занял Юрий Кашлатый (R3ZV) из г. Алексеевки Белгородской области.

А в группе "50 и более LOW" победу одержал Михаил Булатов (RT4W) из г. Ижевска. Второе место здесь занял Сергей Сергеев (R7MM) из г. Таганрога Ростовской области, в предыдущие два года он уверенно занимал первое место в этой группе. На третьем месте — Тадеуш Блоцкий (RA9DZ) из г. Екатеринбурга.

В группе "несколько операторов HIGH" первое место, как в прошлом и в позапрошлом году, заняла команда UA4M из г. Димитровграда Ульяновской области, в которой принимали участие Владимир Ляхов (R4HC), Владимир Рябов (RA4LW), Алексей Федотов (RU4LM) и Василий Козеродов (RW4NW). На второе место вышла команда R2AA в составе Евгений Даниэльян (R2AA) и Дмитрий Соколовский (RT5K). На третьем месте в



Константин Малышев (RD9U) — победитель в группе SINGLE-OP SSB LOW.

Владимир Ляхов (R4HC) и Алексей Федотов (RU4LM) — спортсмены команды UA4M, которая заняла первое место в группе MULTI-OP HIGH.

SINGLE-OP CW HIGH			
1	P3X	536	54391
2	UP0L	525	53223
3	LY6A	498	50101
4	UW1M	484	49124
5	RK9AX	472	47801
6	R7AW	462	46585
7	RA1AL	461	46120
8	R3EG	453	46096
9	EU8U	453	45786
10	UA4WI	445	44781

SINGLE-OP CW LOW			
1	9A1AA	402	41101
2	UR7MZ	371	38201
3	UA5F	372	37561
4	UX7IW	316	32029
5	UA3MIF	306	31625
6	LZ5XQ	299	30734
7	RC9A	304	30337
8	R3YC	298	30039
9	RT3O	288	29258
10	R3QA	286	28793

SINGLE-OP SSB HIGH			
1	RT9J	386	35655
2	RW1F	307	28018
3	RM4HZ	291	26366
4	RA9SF	274	25028
5	RC5Z	264	23690
6	RA3OA	262	23645
7	RW1CW	237	21510
8	RO4I	210	19404
9	UI4I	216	19314
10	R3GZ	214	19218

SINGLE-OP SSB LOW			
1	RD9U	251	23372
2	RW3XZ	198	17909
3	UA0SE	186	17029
4	RZ9AD	188	16777
5	R3DCB	181	16520
6	UA3OQ	170	15511
7	UA3BL	168	15373
8	ER3CT	167	15149
9	UA4HEZ	163	14907
10	RM7C	161	14582

SINGLE-OP MIXED HIGH			
1	R3LA	538	52311
2	UA6CC	524	50441
3	UA9MA	521	49971
4	RV3FF	458	44203
5	RL4A	439	42499
6	RA6CA	429	42328
7	R0SR	412	40254
8	R0AA	365	36488
9	RW0AB	374	36472
10	RC1W	369	36237

SINGLE-OP MIXED LOW			
1	RM2T	348	34601
2	UV7V	334	33866
3	R3OM	350	33574
4	RK3DK	317	30359
5	UC9A	304	29336
6	RZ9UO	297	28717
7	RX9AF	284	28032
8	UA9AX	277	27013
9	R9LY	274	26989
10	RU4SO	275	26486

SINGLE-OP 50 HIGH			
1	RT9S	429	42783
2	RT3A	406	41467
3	R3ZV	421	40435
4	EW8DX	367	37112
5	UA3TW	345	33931
6	EW8OM	320	31764
7	LZ5W	300	29684
8	RU6AV	290	28539
9	R3AT	283	28499
10	UR7QC	288	27743

SINGLE-OP 50 LOW			
1	RT4W	361	36126
2	R7MM	355	34361
3	RA9DZ	315	30689
4	DL4ME	282	27876
5	R7MC	260	25362
6	UA3QAM	250	24925
7	RO5O	250	24711
8	EU6DX	237	23181
9	UA9R	247	22310
10	RW3WR	226	21953

MULTI-OP HIGH			
1	UA4M	908	88508
2	R2AA	705	68135
3	RT5G	583	57062
4	RM9A	583	56289
5	UA4S	556	55404
6	RC9J	455	44022
7	RN9T	409	39485
8	EU1WW	396	37999
9	RK9JYY	348	33645
10	RW0A	331	30582

MULTI-OP LOW			
1	RK4W	443	42720
2	R0AK	245	23702
3	RD8U	241	21892
4	UP9L	237	21208
5	RK3FWE	172	16037
6	RK4HYT	160	14986
7	UR4RXJ	154	14863
8	RZ5Z	160	14510
9	RM3X	114	11026
10	R3MAI	112	10364

SWL			
1	EZ8-02	151	14306
2	R9O-11	127	11266
3	SP4-208	63	6374
4	R3D-102-KV9		768



Команда RK4W — лучший результат в группе MULTI-OP LOW. Слева—направо Алексей Галичанин (UA4WAU), Владимир Кузнецов (RW4WA) и Павел Коробко (RX4WX).

этой группе — команда RT5G из г. Липецка, которая в прошлом и позапрошлом годах показала второй результат. В составе команды — Дмитрий Коленчук (R3GM), Вадим Крыжановский (RN3GQ) и Анастасия Ушакова (UB3GCV).

Как в прошлом и в позапрошлом годах, первое место в группе "несколько операторов LOW" заняла команда RK4W из г. Ижевска. В неё входили Владимир Кузнецов (RW4WA), Алексей Галичанин (UA4WAU) и Павел Коробко (RX4WX). На втором месте здесь команда R0AK Центра творчества и развития "Планета талантов" из г. Ачинска Красноярского края в составе Максима Коновалова (R0AGO), Сергея Зуевича (RA0AY) и Григория Аникина (R0A-31). А на третьем — команда RD8U МБОУ ДО детского центра творчества из пгт Яя Кемеровской области. В её составе — Виктор Сидельцев (RZ9UF) и Артур Великосельский (RD8U).

Наблюдателей сейчас совсем немного — в любых соревнованиях. Мы получили всего лишь пять отчётов. Лучшим среди них оказался Виталий Козин (EZ8-02) из г. Ашхабада, Туркменистан.

Спортсмены, вошедшие в пятёрки сильнейших (по группам), будут отмечены контест-дипломами редакции журнала "Радио", а победители (первые места по группам) получат памятные медали (радиостанции с одним оператором) или плакетки (радиостанции с несколькими операторами). Результаты, показанные лидерами в этих соревнованиях, приведены в **таблице**: место, позывной, число связей, итоговый результат. Эти же данные для всех участников размещены по адресу **http://www.radio.ru/cq/contest/result/ony_2018_tab.pdf** на сайте журнала.

Помехи от передатчиков и антенно-фидерных систем

Игорь ГОНЧАРЕНКО (DL2KQ), г. Бонн, Германия

Затекающий на фидер ток с антенны

Дифференциальный (т. е. полезный, основной) ток с верхнего конца фидера вытекает на антенну. Но не только Часть этого тока пытается снова затечь на фидер, но уже как синфазный (т. е. антенный) ток. Для него и то, и другое провода. Чтобы этого не произошло, следует позаботиться о правильной конструкции антенно-фидерного тракта. Это можно сделать тремя способами, в зависимости от сочетания типов антенны и фидера.

1. ***Антенна и линия питания одного типа***. При этом синфазный ток на фидер вообще не затекает. Это всего два варианта:

Продолжение. Начало см. в "Радио", 2018, № 8

• Симметричная антенна, питаемая симметричной двухпроводной линией. Напряжения в точках питания такой системы относительно земли в точности одинаковы и противофазны. Поэтому любой ток, пытающийся затечь на один из проводов фидера как синфазный, будет компенсирован таким же, но противофазным, затекающим на второй провод. В сумме это даёт ноль синфазного тока в линии.

• Если фидер коаксиальный, то прямое затекание тока на внешнюю сторону оплётки кабеля отсутствует, если подземный коаксиальный кабель подключён к вертикальной антенне, стоящей прямо на земле. В данном случае одна из клемм антенны имеет нулевой потенциал по высокой частоте. Поэтому нет источника для тока по внешней стороне оплётки коаксиального фидера. На ней — нулевой потенциал.

2. ***Любое сочетание антенна + + фидер***, кроме двух, описанных в предыдущем пункте. Чтобы преградить путь антенному току на фидер, применяются три стандартных решения: развязывающий трансформатор с отдельными обмотками, развязывающий дроссель и резонансный фильтр-пробка (для узкополосных антенн).

Развязывающий трансформатор через магнитное поле передаёт только дифференциальные токи, а синфазный ток "видит" в трансформаторе препятствие в виде межвитковой ёмкости. Если она мала, то можно сильно ослабить затекание синфазного тока на фидер.

В качестве трансформатора можно использовать резонансный контур с катушкой связи (заодно будет обеспечено согласование) или широкополосный трансформатор на ферритовом магнитопроводе. Отмечу, что нужен именно трансформатор с двумя отдельными обмотками, связанными только по магнитному полю. Автотрансформаторы, вроде катушки с отводами, или трансформаторы на длинных линиях (которые по самому принципу работы имеют соединения между обмотками) в данном случае непригодны.

Развязывающий трансформатор очень хорош в низкочастотной части КВ-диапазона, неплох на ВЧ КВ-диапазонах и неприменим на УКВ по причине уменьшения с увеличением частоты реактивного сопротивления развязывающей межобмоточной ёмкости.

Развязывающий дроссель, наоборот, увеличивает свой импеданс с частотой. Но только до собственной резонансной частоты. Выше импеданс дросселя начинает падать.

Развязывающие дроссели на коаксиальных фидерах часто мотают на феррите. На НЧ-диапазонах кабелем наматывают несколько витков на большой кольцевой магнитопровод. Для того чтобы разнести подальше вход и выход (и получить более высокую собственную резонансную частоту дросселя), применяется способ намотки, показанный на **рис. 1**. Для этого дросселя использован магнитопровод Fair-Rite 5943003801 (размеры 61×36×12 мм, материал 43 с начальной проницаемостью 800, которая падает до 80 на частоте 30 МГц), кабель RG-58/U. Модуль импеданса |Z| такого дросселя превышает 2 кОм в диапазоне от 1,7 до 8 МГц и затем спадает до 600 Ом на частоте 30 МГц.



Рис. 1

Рис. 2

Если коаксиальный кабель толстый, то его нельзя изгибать с малым радиусом. Поэтому обычная намотка даже на большое кольцо невозможна. В таких случаях применяют конструктивный вариант, показанный на **рис. 2**. Использованы такие же кольца, как и для предыдущего дросселя. Но кабель гораздо более толстый RG-213/U. Он изогнут с минимально допустимым для него радиусом. Модуль импеданса |Z| такого дросселя превышает 1 кОм в диапазоне от 1,8 до 18 МГц и затем спадает до 600 Ом на частоте 30 МГц.

Для дросселя по варианту рис. 2 также могут быть использованы два отдельных трубчатых магнитопровода.

На ВЧ-диапазонах бывает достаточно одной или несколько подряд ферритовых защёлок или трубок, надеваемых на кабель. Но бывают и развязывающие дроссели без магнитопровода. Просто катушка из нескольких витков коаксиального кабеля.

Импеданс дросселя должен быть в 5...20 раз больше модуля комплексного сопротивления половины антенны (половины, так как синфазный ток стекает отдельно с каждой из клемм питания антенны).

Выбор типа и размеров ферритового магнитопровода для развязывающего дросселя определяется требуемым импедансом в заданной полосе и его магнитной индукцией насыщения (т. е. способностью выдерживать магнитное поле без захода в насыщение на заданной частоте). Для определения импеданса ферритовых трубок надо знать паспортную зависимость вносимого импеданса от частоты, для колец — зависимость магнитной проницаемости от частоты.

А предельно допустимую магнитную индукцию магнитопровода в зависимости от частоты в его паспорте часто не приводят. Поэтому разумно проверять его пригодность экспериментально. Для этого передатчик на полной мощности нагружается на эквивалент антенны с КСВ = 1. Дроссель (точнее, ещё не дроссель, а намотанные на проверяемый магнитопровод несколько витков провода — столько, сколько потом планируется намотать фидером) подключают параллельно эквиваленту. Если магнитопровод подходит, он не будет заметно греться, а КСВ почти не возрастёт.

Например, дроссель (см. рис. 1) может работать на симметричной антенне при мощности в ней до 1 кВт, а дроссель (рис. 2) — до 5 кВт на симметричной антенне и до 1 кВт на несимметричной.

Резонансный фильтр-пробка — параллельный колебательный контур, включаемый последовательно в цепь протекания синфазного тока. На частоте резонанса фильтр-пробка имеет очень высокое сопротивление, поэтому синфазный ток на фидер почти не затекает. Недостаток такого рода устройств — их узкополосность (несколько процентов от центральной частоты). Используют такие устройства только с коаксиальными линиями.

Такой фильтр на сосредоточенных элементах выполняют так: катушка из нескольких витков кабеля (точно так же, как и развязывающий дроссель без магнитопровода, только в два-три раза меньше витков) и параллельно ей подключают конденсатор. Он обоими своими выводами подключён к оплётке — у антенны и после катушки (придётся нарушать внешнюю изоляцию кабеля).

Есть разновидность фильтра-пробки, не требующая нарушения изоляции кабеля. Кабелем без повреждения изоляции мотают 1—2 витка на большом ферритовом ВЧ-кольце. Затем отдельным проводом наматывают контурную катушку (число витков в 2—3 раза больше, чем у кабеля). И параллельно контурной катушке подключают конденсатор, образующий вместе с ней режекторный контур. Эту же конструкцию можно сделать и без ферритового магнитопровода. Контурная катушка при этом делается в виде круглой рамки из двух — четырёх плотно сжатых витков хорошо изолированного провода. Фидер в нужном месте свёртывают в виток такого же диаметра, как и контурную катушку. Виток и контурную катушку скрепляют друг с другом вплотную. В обоих вариантах на конденсаторе развивается высокое напряжение (400...500 В при мощности передатчика 100 Вт).

На УКВ применяют фильтр-пробку в виде короткозамкнутого отрезка четвертьволновой линии, так называемый четвертьволновый стакан (**рис. 3**). На внешнюю сторону оплётки коаксиального кабеля надевается λ/4 труба. Вверху она ни к чему не подключена, а внизу электрически соединена с внешней стороной оплётки. Получается λ/4 резонатор (внутренняя поверхность наружной трубы — соединение внизу — внешняя сторона оплётки), короткозамкнутый на нижнем конце. Его входное сопротивление на верхнем конце (у вибратора) будет очень высоким. И именно оно встанет на пути паразитного тока, пытающегося затечь с антенны на внешнюю сторону оплётки кабеля. В отличие от обычного развязывающего дросселя, четвертьволновый стакан позволяет получить высокий импеданс для синфазного тока на УКВ.

Внутреннюю поверхность стакана надо защищать от атмосферных воздействий, так как там текут большие резонансные токи, и потери из-за окисления и грязи внутри него приведут к падению добротности и к снижению КПД.

3. ***Последний способ*** "объяснить" антенному току, что ему не надо затекать на внешнюю сторону оплётки питающего коаксиального кабеля, называется симметрированием. Он применяется только при питании симметричных антенн коаксиальным фидером. Но этот вариант так часто встречается на практике, что заслуживает отдельного разговора.

Симметрирование

Итак, у нас симметричная антенна. Напряжения относительно земли на её обоих выводах равны по амплитуде и противофазны. Напрямую подключать оплётку коаксиального кабеля к такой антенне нельзя, так как напряжение на половине антенны создаст синфазный ток по внешней стороне оплётки. В предыдущих случаях мы ставили на пути этого тока разные препятствия: трансформаторы, дроссели, фильтры.



Рис. 3 Рис. 4 Рис. 5

Препятствия эти ослабляли затекание, но не ликвидировали полностью. Даже очень большой последовательный импеданс лишь уменьшает ток до малого значения, но не прерывает его. Небольшой остаток синфазного тока "прорывается" через развязывающий дроссель.

Чтобы ликвидировать этот остаток, пустим на оплётку кабеля противофазный компенсирующий ток. Благо у нас есть источник такого тока — вторая половина симметричной антенны, к которой подключена центральная жила кабеля. Чтобы сделать компенсирующий ток равным тому, который прорвался через развязывающий дроссель, между центральной жилой и точкой ниже развязывающего дросселя включается такая же индуктивность, как и у обмоток развязывающего дросселя.

Симметрирующий трансформатор, сделанный по описанному рецепту, показан на **рис. 4**. Он отличается от развязывающего дросселя дополнительной компенсирующей обмоткой и меньшим числом витков (тут не требуется очень большой импеданс как у дросселя, достаточно, чтобы обмотки заметно не шунтировали кабель).

Такие симметрирующие трансформаторы называются балунами (калька с англ. balun, а это, в свою очередь, сокращение от balanced — unbalanced) напряжения. Балун при несимметричном входе даёт на своих выходах два одинаковых и противофазных напряжения (что и требуется для симметричных антенн).

Иногда развязывающие дроссели, показанные на рис. 1, называют балунами тока. Это не совсем корректно. Одинаковые токи на своих выходах даёт развязывающий дроссель. Но он не является балансным устройством, а ослабляет синфазный ток только своей последовательной реактивностью. Поэтому балуном он не является (хотя и может быть использован, в том числе и для питания симметричной антенны коаксиальным кабелем).

Но вернёмся к балуну напряжения на ферритовом магнитопроводе (рис. 4). По аналогичному принципу существуют много трансформаторов, которые не только симметрируют, но и трансформируют импеданс в 4, 9, 16 раз. Ферритовые балуны выпускаются многими фирмами. Мощные (десятки — сотни ватт) балуны работают до частоты 1 ГГц, а на малой мощности бывают ферритовые балуны до частоты 2 ГГц.

Но всё же, применение ферритов не всегда желательно. Они ограничивают мощность и имеют тепловые потери в магнитопроводе. Поэтому в верхней части КВ используются балуны без магнитопровода. По электрической схеме они точно такие же, как и на рис. 4. Отличие только в конструкции обмоток — они выполнены в виде цилиндрической катушки без магнитопровода. Такие воздушные балуны мотают либо отдельными проводами, сложенными втрое, либо сразу питающим коаксиальным кабелем.

Но на УКВ даже катушка в пару витков может оказаться слишком длинной, отчего её резонансная частота получится недопустимо низкой. Поэтому на УКВ используют разновидность балуна напряжения на отрезках λ/4 линий, показанную на **рис. 5**. По электрической схеме это всё тот же балун с рис. 4, но вместо обмоток у него два отрезка λ/4 линий. Такой балун может работать до десятков гигагерц. Так как λ/4 линии это резонансные устройства, то и балун получается не широкополосным, а резонансным. Впрочем, полоса его не очень узка и составляет 20...30 % от центральной частоты.

Конструктивно антенну с балуном рис. 5 выполняют из одной цельной трубки длиной около 1 . Её изгибают так, что полволны идёт на балун, ещё полволны — на диполь. Питающий кабель пропускается через отверстие внизу. Получается жёсткая и удобная конструкция.

Существуют и другие антенные симметрирующие устройства для перехода с питающего коаксиального кабеля на симметричную антенну: U-колено, модифицированное U-колено, коаксиально-щелевой переход, двойной коаксиальный дроссель. Но они не очень распространены.

(Окончание следует)

Измеритель освещённости

Н. САЛИМОВ, г. Ревда Свердловской обл.

В фотометрии восприятие света человеческим глазом характеризуют с учётом зависимости его чувствительности от частоты (длины волны). Максимум спектральной чувствительности глаза соответствует длине волны 555 нм [1]. Источник монохроматического света с такой длиной волны мощностью 1 Вт создаёт световой поток 680 люмен (лм). На волнах другой длины он меньше. Большая часть энергии излучения ламп накаливания приходится на невидимую инфракрасную область, поэтому их светоотдача — около 10...20 лм/Вт. У светодиодных ламп светоотдача достигает 85 лм/Вт.

Освещённость объекта измеряют в люксах (лк) и характеризуют отношением светового потока в люменах, падающего на поверхность, к площади этой поверхности в квадратных метрах. Иными словами, световой поток в 1 лм, равномерно распределённый по поверхности площадью 1 м^2, создаёт освещённость 1 лк.

В измерителях освещённости, обычно называемых люксметрами, применяют кремниевые фотодиоды, оснащённые светофильтром, приближающим зависимость чувствительности фотодиода от длины волны излучения к этой же зависимости для глаза. Такой фотодиод BPW21R [2] и применён в предлагаемой конструкции. Это лучший светодиод для измерителя освещённости из тех, что удалось найти в продаже.

Схема прибора показана на **рис. 1**. Питают его от батареи GB1 напряжением 9 В ("Крона" или 6F22). Можно использовать и не менее трёх-четырёх соединённых последовательно гальванических элементов напряжением 1,5 В каждый. ОУ DA1.1 микросхемы LM358AN преобразует фототок датчика освещённости (фотодиода VD1) в пропорциональное ему напряжение. Второй ОУ микросхемы оставлен неиспользуемым.

Пределы измерения 100 лк, 1000 лк и 10000 лк выбирают переключателем SA2, переключающим резисторы отрицательной обратной связи R1—R3. К выходу ОУ через добавочные резисторы (постоянный R4 и подстроечный R5) подключён микроамперметр PA1 — М2003 с пределом измерения 1000 мкА и сопротивлением рамки 296 Ом. При желании, подбирая резисторы обратной связи, можно установить другие пределы измерения освещённости или добавить их к имеющимся.

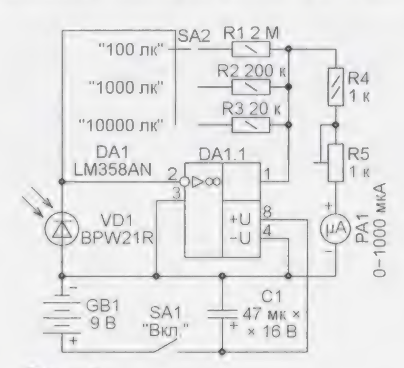


Рис. 1

Коэффициент преобразования фототока в напряжение на выходе ОУ в рассматриваемом случае равен сопротивлению обратной связи:

$$K_I = U_{вых}/I_{вх} = R_{ос}.$$

Типовая чувствительность применённого фотодиода S = 9 нА/лк. Таким образом, на пределе 100 лк при указанном на схеме сопротивлении резистора R1 крутизна преобразования освещённости в выходное напряжение ОУ будет равна

$$S \cdot R1 = 9 \cdot 10^{-9} \cdot 2 \cdot 10^{6} = 0{,}018 \text{ В/лм}.$$

Чтобы на пределах 1000 лк и 10000 лк она была соответственно в 10 и 100 раз меньше, нужно строго выдержать условие

$$R1 : R2 : R3 = 100 : 10 : 1,$$

при этом сопротивление того резистора, относительно которого подбирают два других, допустимо выбирать в пределах нескольких соседних номиналов ряда E24.

Выдержать с достаточной точностью нужное соотношение можно, применив прецизионные резисторы (с допуском не хуже ±1 %) или выбрав их из обычных резисторов с помощью мультиметра, работающего в режиме омметра. Для облегчения подборки можно составлять каждый резистор из двух, соединённых последовательно, одного — сопротивлением немного меньше требуемого и другого, дополняющего сопротивление первого до требуемого.

Нужно сказать, что чувствительность светодиода BPW21R, согласно [2], может быть и вдвое меньше указанного выше типового значения. Соответственно меньшим будет и напряжение на выходе ОУ. Поэтому изготовленный прибор требует калибровки.

Оригинальная шкала микроамперметра М2003 с пределом измерения 1000 мкА имеет 50 делений ценой по 20 мкА. Начало шкалы и каждое десятое деление обозначены надписями 0, 200, 400, 600, 800 и 1000. Следовательно, цена деления шкалы измерителя освещённости — 2 лк на пределе 100 лк, 20 лк — на пределе 1000 лк, 200 лк — на пределе 10000 лк.

При монтаже прибора первыми на его плату устанавливают резисторы R1—R3, предварительно подобранные, как было рассказано выше. Затем монтируют все остальные детали, подключают батарею GB1 и включают прибор

выключателем SA1. При затенённом фотоприёмнике стрелка микроамперметра должна остаться на нуле, хотя на самом чувствительном пределе измерения может наблюдаться её небольшое отклонение от нуля. Его нужно будет учитывать при измерениях.

Конструкция фотоприёмника показана на **рис. 2**. Его размеры выбраны с учётом диаграммы направленности фотодиода. Трубка 1 и кольцевой упор 3 изготовлены из чёрной пластмассовой бобины для припоя. Чтобы упор 3 плотно вошёл в трубку 1, его диаметр уменьшен вырезанием части окружности. Крышка 3 из прозрачного пластика от упаковочной тары и кольцевой упор 3 плотно вставлены в трубку без применения клея. Трубка 1 приклеена клеем "Момент" торцом к основанию 4 с установленным на нём фотодиодом 5. Фотоприёмник укрепите на верхней крышке корпуса прибора винтами. Можно сделать его и выносным, соединив с прибором экранированным проводом длиной до 1 м.

При калибровке я освещал фотоприёмник светодиодной лампой IEK LED-A60 11 Вт (световой поток — 950 лм, цветовая температура — 3000 К). С расстояния 610 мм она создаёт освещённость 400 лк, что было проверено по цифровому люксметру DT-1308. Удалив фотоприёмник изготовленного прибора от лампы на указанное расстояние (его я измерял от нижней поверхности баллона лампы до светочувствительной поверхности светодиода), переключил прибор на предел 1000 лк и установил подстроечным резистором R5 стрелку микроамперметра PA1 на деление, обозначенное 400. Поскольку зависимость фототока светодиода BPW21R от осве-

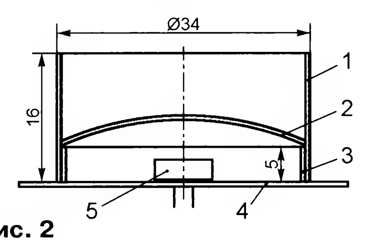


Рис. 2

щённости линейна в широких пределах (Fig. 3 в [2]), достаточно откалибровать прибор при одном значении образцовой освещённости.

Калибровку нужно выполнять в помещении, в котором нет других, кроме образцового, источников света, а также зеркал и других отражающих свет поверхностей. Поскольку освещённость обратно пропорциональна квадрату расстояния между источником света и его приёмником, при калибровке необходимо выдерживать его с возможно большей точностью. Светодиодную лампу я подключал через лабораторный автотрансформатор и убедился, что при изменении питающего её напряжения от 170 до 230 В создаваемая ей освещённость, в отличие от создаваемой лампой накаливания, остаётся неизменной.

Эксперименты показали, что изготовленный измеритель освещённости приблизительно в два раза более чувствителен к свету ламп накаливания по сравнению со светом светодиодных и люминесцентных ламп. Вероятно, это объясняется повышенной чувствительностью фотодиода к инфракрасному излучению, которым богат спектр лампы накаливания. При измерениях люксметром DT-1308 такой разницы нет. Обнаружено, что замена прозрачной крышки фотоприёмника (2 на рис. 2) на молочно-белую, изготовленную из баллона светодиодной лампы, практически устраняет разницу показаний.

ЛИТЕРАТУРА

1. **Кухлинг Х.** Справочник по физике. — М.: Мир, 1982.

2. BPW21R Silicon Photodiode. — URL: **http://www.vishay.com/docs/81519/bpw21r.pdf** (29.06.2018).

USB зарядное устройство для аккумуляторной батареи типоразмера 6F22

И. НЕЧАЕВ, г. Москва

Батареи типоразмера 6F22, как аккумуляторные, так и состоящие из гальванических элементов, пока ещё достаточно широко применяются для питания различной малогабаритной маломощной радиоаппаратуры. Если "свежей" батареи хватает ненадолго, предпочтительно применить аккумуляторный вариант, но тогда возникает проблема с его зарядкой.

В настоящее время широко распространены сетевые (в основном зарядные устройства для сотовых телефонов) и автономные или аккумуляторные (power bank) источники питания с выходным напряжением 5 В и выходным USB-разъёмом. Поскольку у аккумуляторных батарей типоразмера 6F22 номинальное напряжение около 8,7 В, заряжать их от указанных выше источников питания без повышающего преобразователя невозможно. Предлагаемое устройство представляет собой такой преобразователь с контролем тока зарядки.

Схема устройства показана на **рис. 1**. Повышающий преобразователь собран на микросхеме DA1 и дросселе L1. Импульсы напряжения, формирующиеся на автотрансформаторе, выпрямляет диод VD1, а пульсации выпрямленного напряжения сглаживает конденсатор C3. Выходное напряжение такого преобразователя зависит от напряжения на управляющем входе OUT (вывод 2) микросхемы.

В исходном состоянии микросхема DA1 поддерживает на выходе (разъём X2) напряжение, соответствующее максимальному для аккумуляторной батареи 6F22. По разным источникам — это около 9,8 В. Поскольку ток через резистор R3 не превышает 1 мА, напряжения на нём недостаточно для открывания транзистора VT1, поэтому светодиод HL2 погашен.

При подключении разряженной аккумуляторной батареи напряжение на движке резистора R2 уменьшится, поэтому выходное напряжение преобразователя станет увеличиваться. Поскольку ток зарядки протекает через батарею и резистор R3, напряжение на нём увеличится, транзистор VT1 откроется, светодиод HL2 включится и напряжение на входе OUT микросхемы DA1 увеличится. В результате выходное напряжение преобразователя уменьшится и

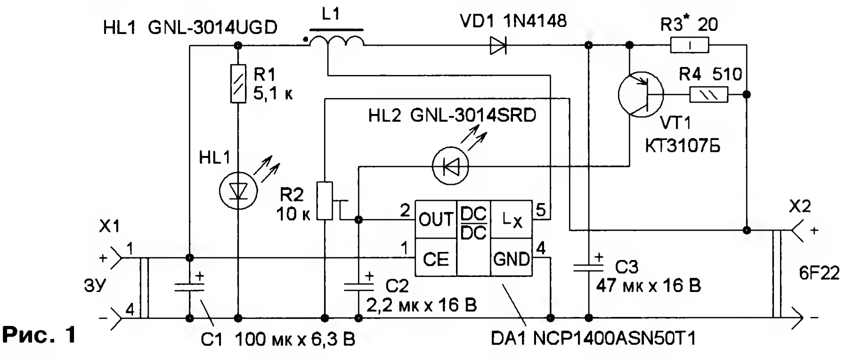
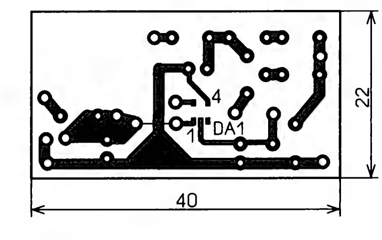


Рис. 1

он перейдёт в режим стабилизации тока, значение которого задают подборкой резистора R3.

По мере зарядки аккумуляторной батареи напряжение на ней станет расти, а ток зарядки уменьшаться. Транзистор будет постепенно закрываться, яркость свечения светодиода



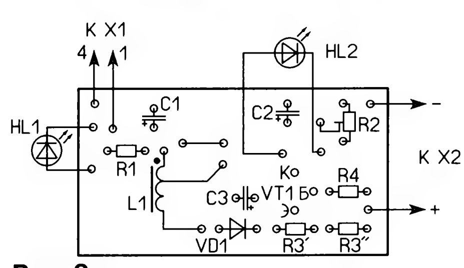


Рис. 2

HL2 уменьшаться, а выходное напряжение преобразователя расти. В какой-то момент времени транзистор закроется, светодиод HL2 погаснет, но зарядка аккумуляторной батареи продолжится с постепенно уменьшающимся током. Напряжение же на ней не превысит заранее установленного значения.

В этом устройстве ток зарядки на втором этапе зависит от напряжения аккумуляторной батареи, и чем ближе оно к максимальному, тем меньше ток, который уменьшается практически до нуля. Таким образом, в этом устройстве реализована зарядка по закону, близкому к закону Вудбриджа, в соответствии с которым в начале зарядки разряженного аккумулятора ток может в несколько раз превышать рекомендуемый (обычно 0,1...0,2 от ёмкости аккумулятора) для зарядки стабильным током. Такой способ зарядки позволяет зарядить батарею за несколько часов до ёмкости 70...80 %, а последующая дозарядка осуществляется уменьшающимся током без ущерба для неё, что может благоприятно сказаться на общей продолжительности её срока службы.

Чтобы не усложнять конструкции, индикатора окончания зарядки в нём нет. Светодиод HL2 индицирует переход устройства из режима стабилизации тока в режим стабилизации выходного напряжения. Светодиод HL1 — индикатор входного напряжения 5 В.

В устройстве применены постоянные резисторы Р1-4, МЛТ, С2-23, подстроечный — СП3-19, конденсаторы — К50-35 или импортные. Диод 1N4148 можно заменить любым диодом из серий КД510, КД521, КД522 или диодом Шотки серии 1N581x. Замена транзистора КТ3107Б — любой транзистор из серий КТ3107, PN2907. Светодиод HL1 может быть жёлтого, зёленого, синего или белого свечения повышенной яркости с диаметром корпуса 3 мм. Светодиод HL2 — аналогичный, но красного свечения. Дроссель намотан на кольцевом ферритовом магнитопроводе от КЛЛ, его диаметр — 9,5 мм, высота — 3,3 мм. Обмотка содержит 20...22 витка провода ПЭВ-2 0,4 с отводом от 6-го витка. Разъём X1 — обычный USB, X2 — колодка от батареи "Крона".

Большинство элементов установлены на односторонней печатной плате из фольгированного стеклотекстолита толщиной 1...1,5 мм. Её чертёж показан на **рис. 2**. Микросхема установлена со стороны печатных проводников. В качестве корпуса использован корпус от батареи "Крона", и размеры платы рассчитаны для этого случая. Внешний вид смонтированной платы

Рис. 3

показан на **рис. 3**. Сначала в корпус вставляют разъём X2 и крепят его с помощью клея, например эпоксидного. Затем вставляют плату и закрепляют с помощью термоклея, предварительно под неё со стороны печатных проводников подкладывают изолирующую прокладку из тонкого пластика размерами с плату. Сзади установлена штатная заглушка от "Кроны". В ней сделаны отверстия для светодиодов и кабеля питания. Если заглушка не пластмассовая, а металлическая, её надо изолировать от радиоэлементов на плате. Внешний вид устройства показан на **рис. 4**.

Налаживание начинают с установки движка подстроечного резистора R2 в среднее по схеме положение. Затем от лабораторного источника питания подают напряжение 5 В и с помощью вольтметра контролируют напряжение на выходе (разъёме X2). Движком резистора R2 устанавливают его требуемое значение. Подключив разряженную до 7 В аккумуляторную батарею, подборкой резистора R3 устанавливают максимальный ток зарядки.

В случае возникновения короткого замыкания на выходе резистор R3 выполняет функцию ограничителя тока, поэтому на плате предусмотрена возможность установки двух резисторов R3' и R3'' мощностью по 0,5 Вт. Если блок питания 5 В имеет защиту от короткого замыкания или ограничение по току, мощность резистора R3 может быть уменьшена до 0,25...0,5 Вт.



Рис. 4

Это устройство можно применить в качестве USB-источника питания с выходным напряжением 9 В, как замена батарее "Крона". Для этого взамен резистора R3 устанавливают проволочную перемычку, а элементы R4, VT1 и HL2 на плату не устанавливают. Резистором R2 устанавливают требуемое выходное напряжение. Но тогда надо обязательно поменять полярность напряжения на разъёме X2. При этом максимальный выходной ток такого преобразователя — не более 50 мА. Но следует учесть, что при питании радиоприёмника преобразователь может создавать помехи приёму. Для их подавления в обе линии питания, между платой и разъёмом X2, надо установить дроссели индуктивностью 100...500 мкГн, а непосредственно к выводам этого разъёма аккуратно припаять керамический конденсатор ёмкостью 100 нФ.

***От редакции**. Чертёж печатной платы в формате Sprint-Layout имеется по адресу **http://ftp.radio.ru/pub/2018/09/zu.zip** на нашем FTP-сервере.*

Манипулятор для рисования на Arduino Uno

Д. МАМИЧЕВ, п. Шаталово Смоленской обл.

Внешний вид этого устройства показан на **рис. 1**. Манипулятор по командам оператора может рисовать любую последовательность знаков (в данном случае — цифр) на бумаге или на поверхности тонкой плёнки.

Манипулятор имеет "плечевой сустав" (сервопривод, обозначенный как S1), "локтевой сустав" (сервопривод, обозначенный как S2) и подъёмник фломастера (на сервоприводе S3). Управление сервоприводами реализовано с помощью платы Arduino Uno (**рис. 2**). Команды для самой платы подаёт оператор с помощью переменного резистора R1, который снабжён шкалой (**рис. 3**). Вращая ручку этого резистора, выбирают цифру от 0 до 9, которая будет нарисована манипулятором следующей. После рисования четырёх цифр манипулятор останавливает работу в ожидании дальнейших действий оператора. Для продолжения рисования цифр нужно передвинуть бумагу и нажать на кнопку "Reset" на плате Arduino Uno. Для запуска достаточно установить указатель переменного резистора R1 в положение "0" и в течение последующих 4 с переустановить указатель на цифру, которую нужно нарисовать далее, а во время её рисования установить указатель на следующую и т. д. Если оператор не будет вращать ось переменного резистора во время рисования, будут нарисованы четыре одинаковые цифры, на которых стоит указатель, например цифра 5, в соответствии с рис. 3.

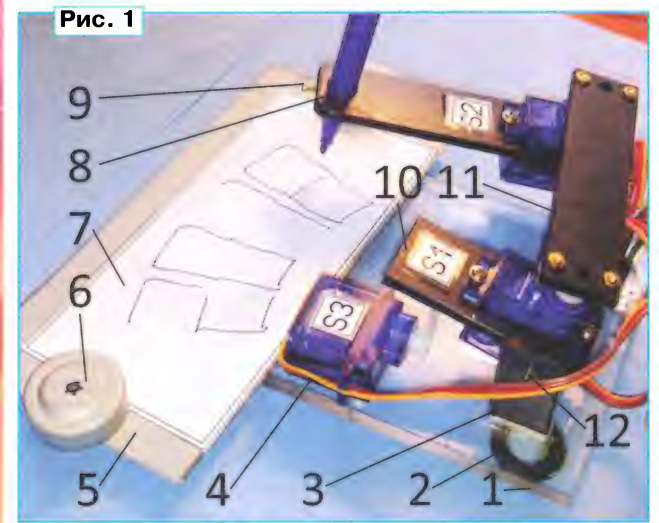


Рис. 1

Конструкцию манипулятора поясняют рис. 1 и **рис. 4**. Он состоит из основания 1 — прямоугольного отрезка оргстекла размерами 85×130 мм и толщиной 5 мм; опоры 2 (2 шт.) сделаны из сантехнических резиновых прокладок и приклеены к основанию; другая пара опор 18 — это неодимовые магниты, извлечённые из старого компьютерного привода жёсткого диска. Они закреплены на основании 1 с помощью отрезков двухсторонней липкой ленты (скотча). Их наличие позволяет крепить к основанию сверху небольшие отрезки бумаги с помощью стальных шайб 19 или листы 7 большего размера, используя стальную пластину 5 и магниты 6 (роторы от двигателей DVD-приводов). Пластина 5 размерами 65×140 мм вырезана из корпуса привода.



Рис. 3

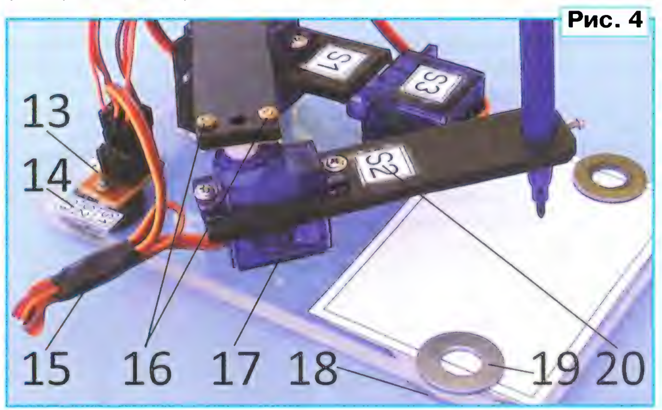


Рис. 4

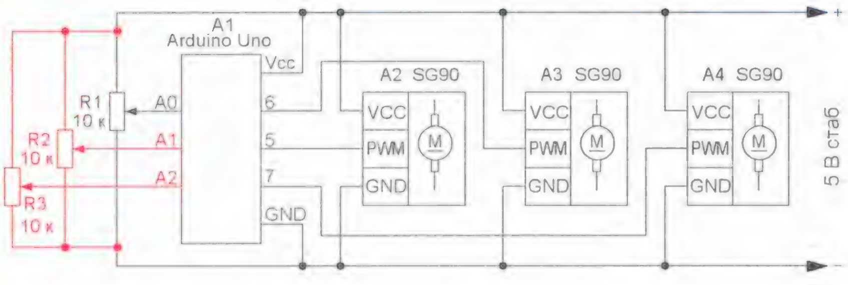
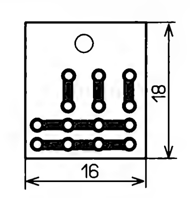


Рис. 2

В основании 1 сделаны пять отверстий. Два — для крепления сервопривода S3, два — прорези для вклеивания стоек 3, внутри которых на оси 12 поворачивается корпус сервопривода S1, и одно — для крепления переходной платы 13.

Сервопривод S3 крепят к основанию через пластину-переходник толщиной 3 мм и размерами 22×22 мм. Она приклеена к боковой поверхности привода "секундным" клеем. В её углах по диагонали просверлены сквозные отверстия для крепления с помощью миниатюрных саморезов. Их завинчивают сквозь основание в пластине. Такое решение позволяет сделать привод съёмным с дополнительными точками крепления. Пластины 3 (2 шт.) — длиной 30 и шириной 16 мм, расстояние между ними — 22 мм. Отверстия для стальных шпилек 12 просверлены на расстоянии 5 мм и 8 мм от краёв пластин 3. Пластина 10 вырезана из пласт-

массы толщиной 3 мм, её длина — 50 мм, ширина — 22 мм. В ней сделано прямоугольное окно размерами 22×12 мм для корпуса сервопривода SG90. В боковой поверхности просверлены сквозные (входят внутрь окна) отверстия для крепления шпилек 12.



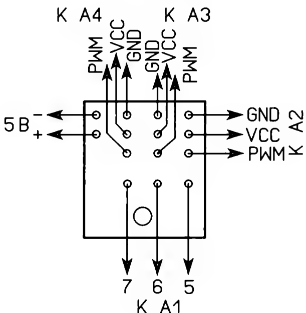


Рис. 5

Ось шпилек и ось выходного вала сервопривода должны по возможности пересекаться под углом 90°. Люфт между пластинами 3 и 10 желательно сделать минимальным, в то же время пластина с приводом должна свободно поворачиваться вокруг шпилек.

Размеры рычагов 8 и 11 — 20×85 мм и 20×75 мм соответственно. Важно, чтобы расстояния между осями валов сервоприводов и стержнем фломастера были одинаковыми. В авторском варианте оно — 65 мм. Поэтому центр отверстия для установки фломастера размечают в последнюю очередь. Его жёсткое крепление к рычагу можно сделать с помощью винта или винта-самореза 9. Качалки сервоприводов крепят к рычагам с помощью пар винтов и гаек 16 диаметром 2 мм (можно меньше). Приводы S1, S2 (элемент 17) привинчивают к рычагам с помощью винтов-саморезов из их комплекта. Отверстия для их завинчивания следует просверливать сверлом меньшего диаметра, чем диаметр винта.

Переходная плата 13 изготовлена из одностороннего фольгированного стеклотекстолита размерами 16×18 мм, её чертёж приведён на **рис. 5**. Для исключения ошибок при монтаже желательно на элементах конструкции разместить информационные шильдики 14 и 20 (см. рис. 1 и рис. 4). Удобнее распечатанный с ними отрезок бумаги наклеить на одну поверхность двухсторонней бумажной ленты и закрыть сверху односторонней прозрачной липкой лентой. Затем вырезать по контуру и наклеить на поверхность, воспользовавшись вторым липким слоем. Соединительные шлейфы сервоприводов можно скрутить и зафиксировать отрезками изоленты 15 или пластиковыми хомутами. Перед монтажом приводов валы сервоприводов нужно выставить в положение 90° (центральное), качалки следует надевать так, чтобы стержень фломастера находился над центральной частью листа, левее и ниже (ближе к S3), а плоскости рычагов были параллельны плоскости основания.

Для питания устройства следует применить стабилизированный сетевой источник питания напряжением 5 В с выходным током до 750...1000 мА.

Перейдём к программной части манипулятора. Проще всего реализовывать рисование цифр в полярной координатной сетке (**рис. 6**). Внешний примерный вид сегментов цифр дан на **рис. 7**. Для движения фломастера М по дуге окружности, например вправо, достаточно уменьшать значение угла a1, не изменяя суммарное значение угла a2+a3. Чтобы рисовать вверх по радиусу, нужно синхронно изменять углы a1 и a2+a3. При этом изменения должны быть связаны соотношением 1:2. Если угол a1 увеличивать, a2+a3 также надо увеличить.

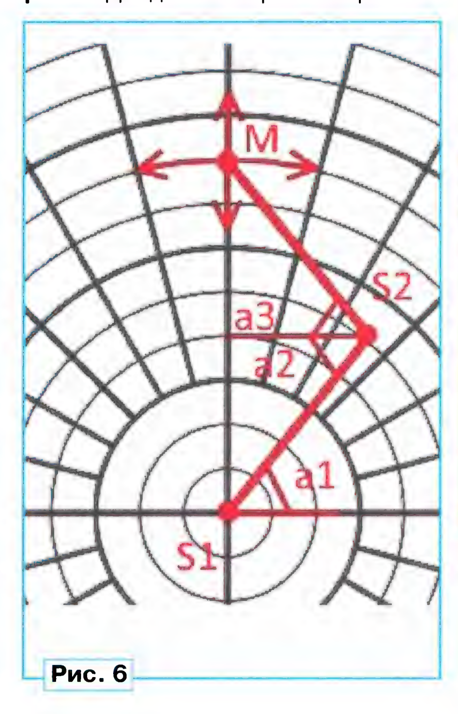


Рис. 6

При самостоятельном написании скетча также удобнее пользоваться сегментным начертанием цифр, проходя фломастером по одному и тому же маршруту 1-2-3-4-5-6-1-7 (рис. 7), поднимая и опуская стержень по заданному цифрой "сценарию". Аналогично можно составить алгоритм рисования любой буквы, воспользовавшись их 16-сегментным начертанием.

Управляющая программа (скетч **_jun24a**) имеет два массива: **tablB[70]** и **tablA[12]**, в которых хранятся последовательность 0 и 1, определяющая, рисовать или не рисовать конкретный сегмент заданной цифры, а также выражения с переменными **a01, a02, da1, da2**, определяющие углы поворотов сервоприводов (своего рода угловые координаты) для узловых точек сегментов (выделены цветом на рис. 7). Значения переменных **a01** и **a02** задают начальное положение стержня фломастера на цифре, **da1** и **da2** — размер рисуемых цифр по ширине и высоте соответственно. Процедура поднимания и опускания фломастера вынесена в отдельную функцию f_() с аргументами-параметрами 0 — поднять и 1 — опустить. Число 4 в строке **a01=a01-da1-4;** (в конце скетча) определяет ширину отступа между соседними цифрами.

Ещё один вариант, более простой в работе скетча, — использование для управления манипулятором дополнительных переменных резисторов R2 и R3 (выделены цветом на рис. 2). Управляющая программа для этого случая находится в папке potenz-manip. Оператор может рисовать сам любые изображения. С помощью резистора R1 управляют движением фломастера в "горизонтальном" направлении, резистором R2 — в "вертикальном". Резистор R3 управляет подъёмом и опусканием фломастера.

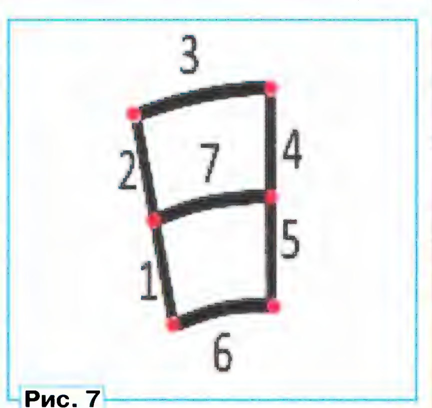


Рис. 7

Меняя числовые значения (выделены полужирным шрифтом) в строках da1=map(da1,0,1023,**-35,0**); da2=map(da2,0,1023,**30,-20**); da3=map(da3,0,1023,**20,-20**);, можно изменять размеры области рисования. При налаживании и тренировках удобно пользоваться прозрачной плёнкой вместо бумаги, стирая надписи кусочком губки.

__От редакции__. Скетчи для Arduino Uno и демонстрационный ролик, иллюстрирующий работу устройства, находятся по адресу ***http://ftp.radio.ru/pub/2018/09/ris.zip*** *на нашем FTP-сервере.*

Ответы на викторину "Микроконтроллеры и фотодатчики"

("Радио", 2018, № 8, с. 62, 63)

С. РЮМИК, г. Чернигов, Украина

1. Ответ — 1. Резистор R1 и фоторезистор R2 образуют делитель напряжения. Согласно справочным данным [1], сопротивление фоторезистора NORP12 при ярком освещении — 5,4...12,6 кОм. В темноте оно возрастает до 1 МОм. Поэтому падение напряжения на фоторезисторе увеличивается при его затенении. Такую простейшую схему широко применяют, поскольку современные микроконтроллеры с их быстродействующими АЦП способны производить сложную цифровую обработку фотосигналов, в том числе фильтрацию помех, масштабирование, расчёт статистических параметров. Необязательный конденсатор C1 подавляет высокочастотные наводки, например, от сотовых телефонов.

2. Ответ — 0. Сульфид кадмия — химическое соединение кадмия и серы, электрическое сопротивление которого зависит от освещённости. Из этого материала в основном и делают фоторезисторы. Его химическую формулу CdS (CDS) в зарубежной литературе даже используют как общее их название наряду с аббревиатурой LDR (англ. Light Dependent Resistor).

Сульфат кальция — кальциевая соль серной кислоты. Она входит в состав гипса и отношения к фотодатчикам не имеет.

3. Ответ — 1. Прежде всего, нужно сконфигурировать линию порта микроконтроллера, к которой подключён резистор R1, как выход и установить на нём высокий логический уровень напряжения. Начнётся зарядка конденсатора C1. Резистор R1 ограничивает ток зарядки. Его сопротивление должно быть значительно меньше сопротивления фоторезистора в освещённом состоянии, чтобы напряжение на конденсаторе смогло достичь логически высокого уровня. Когда зарядка конденсатора закончится, линию, к которой подключён резистор R1, следует сделать входом. Конденсатор станет разряжаться через фоторезистор. Поскольку входное сопротивление линии микроконтроллера, сконфигурированной как вход, чрезвычайно велико, ни оно, ни резистор R1 на скорость разрядки конденсатора C1 не повлияют. Через некоторое время напряжение на конденсаторе понизится до уровня, воспринимаемого микроконтроллером как низкий. Измерив это время, программа микроконтроллера сможет определить сопротивление фоторезистора, следовательно, и его освещённость. Для получения точных результатов такой измеритель освещённости потребуется откалибровать.

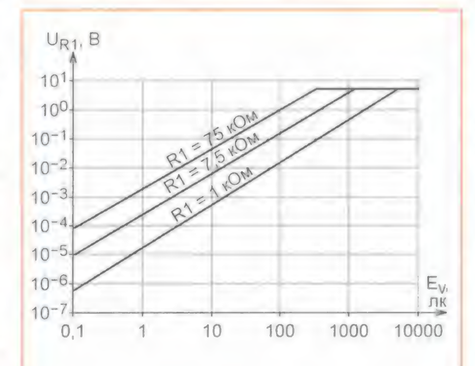


Рис. 1

4. Ответ — 0. При низкой освещённости фототранзистор — источник пропорционального ей тока. Поэтому чем больше сопротивление его нагрузки, тем выше чувствительность к изменению освещённости, выраженная в вольтах на люмен. В подтверждение этому на **рис. 1** приведён график зависимости падения напряжения на резисторе R1 от освещённости фототранзистора KDT00030 из его справочных данных [2]. Однако с увеличением сопротивления нагрузки ухудшается быстродействие фотодатчика — его способность реагировать на короткие вспышки света.

5. Ответ — 0. Фототранзистор VT1 и резистор R1 образуют делитель напряжения. Чтобы на его выходе и на входе микроконтроллера появилось напряжение, зависящее от освещённости, следует на выходе микроконтроллера, к которому подключён коллектор фототранзистора, установить логически высокий уровень напряжения, записав лог. 1 в соответствующий этому выходу разряд регистра порта. Записав в него лог. 0, можно выключить фотодатчик. Это делают, как правило, для уменьшения тока, потребляемого от источника питания.

6. Ответ — 1. При параллельном соединении светодиодов генерируемые ими фототоки складываются. Если оптические оси N соединённых параллельно фотодиодов направить в одну сторону, чувствительность образованного ими датчика увеличится в N раз, но диаграмма направленности останется такой же, как у одиночного фотодиода. Чтобы расширить диаграмму, оптические оси фотодиодов нужно развести. На **рис. 2** синей линией показана суммарная диаграмма направленности двух соединённых параллельно фотодиодов BPW34 [3], оптические оси которых разведены на 130° (ширину диаграммы направленности одного светодиода по уровню 0,5). Красной и зелёной штриховыми линиями на том же рисунке показаны диаграммы направленности отдельных светодиодов. При меньшем разведении оптических осей фотодиодов ширина суммарной диаграммы станет

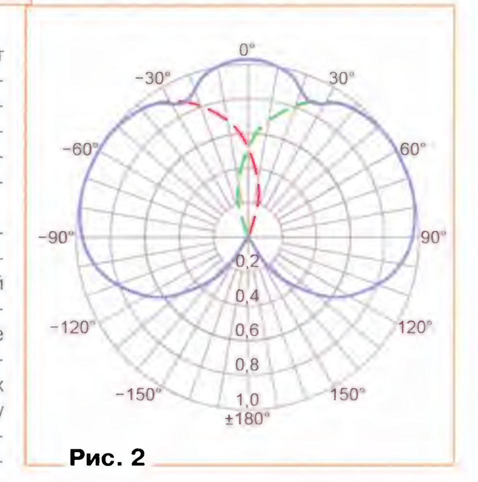


Рис. 2

меньше, а её центральный пик возрастёт. При их разведении сверх оптимального угла ширина диаграммы продолжит увеличиваться, однако её центральный пик превратится в провал.

7. Ответ — 1. Нажатие на кнопку SB1 приводит к подключению параллельно фотодиоду VD1 резистора R2, что имитирует увеличение тока, текущего через светодиод при его освещении. Это позволяет проверить работу всего устройства, в состав которого входит светодиод, не освещая его.

8. Ответ — 1. Излучение большинства искусственных источников света (ламп накаливания, люминесцентных ламп) пульсирует с частотой, равной, как правило, удвоенной частоте напряжения, питающей их электросети. В результате пульсирует с той же частотой и выходное напряжение фотодатчиков, что не даёт возможности точно измерить освещённость. Конденсатор C1 большой ёмкости сглаживает эти пульсации.

9. Ответ — 0. Резистор R1 — нагрузка выхода фотоприёмника TSOP34138. Согласно документации [4], его выходной ток не должен превышать 5 мА. Значит, при напряжении питания 3,3 В номинальное сопротивление резистора R1 не должно быть менее 680 Ом. Резистор R2 и конденсатор C1 образуют фильтр пульсаций питающего напряжения. Однако на резисторе падает и часть постоянной составляющей этого напряжения. Согласно [4], минимальное напряжение на выводе 3 фотоприёмника — 2,5 В, а потребляемый им ток не превышает 0,45 мА. Поэтому при напряжении питания 3,3 В сопротивление резистора R1 не должно быть более 1,8 кОм. При взаимной перестановке резисторов оба условия выполнены не будут.

10. Ответ — 0. Пульты различных стандартов дистанционного управления бытовыми электронными приборами излучают ИК-сигналы, промодулированные импульсами, следующими с частотой 30, 33, 36, 38, 40 или 56 кГц. Интегральные фотоприёмники этих сигналов выпускают настроенными на одну из перечисленных частот, причём её значение обычно входит в их обозначение. Например, SFH506-38 настроен на 38 кГц, а SFH506-36 — на 36 кГц. Их другие параметры одинаковы.

Для селекции принимаемых сигналов по частоте модуляции внутри фотоприёмника имеется полосовой фильтр, подобный по АЧХ одиночному колебательному контуру с добротностью 14. В результате зависимость относительной дальности действия фотоприёмника, настроенного на частоту 38 кГц от частоты модуляции принимаемого сигнала, имеет вид, показанный на **рис. 3**. Как видим, дальность приёма команд от пульта, излучающего сигналы с частотой модуляции 36 кГц, будет в 3...3,5 раза меньше, чем с частотой модуляции 38 кГц. Во многих случаях, например, при временной замене отказавшего фотоприёмника, это вполне приемлемо.

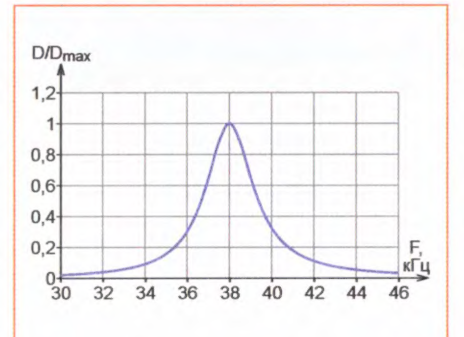


Рис. 3

11. Ответ — 0. На выходе OUT фотоприёмника TFMS 5380 и других ему подобных в исходном состоянии (в отсутствие ИК-посылок) благодаря внутреннему резистору сопротивлением около 100 кОм действует напряжение высокого логического уровня. Поэтому транзистор VT1 открыт, а светодиод HL1 включён. Когда в результате приёма световых посылок на выходе OUT появляются импульсы низкого уровня, транзистор VT1 закрывается в такт с ними, а светодиод HL1 на время действия каждого импульса гаснет.

12. Ответ — 1. АЦП микроконтроллера правильно преобразует в код напряжение от нуля до образцового напряжения, которое у разных микроконтроллеров и при разных программных установках неодинаково и зачастую меньше напряжения источника питания.

Фототранзистор VT1 при ярком освещении открывается почти полностью, и в отсутствие резистора R2 напряжение на входе АЦП становится практически равным напряжению питания. Резистор R2 не допускает этого. Например, при равенстве сопротивлений резисторов R1, R2 и полностью открытом фототранзисторе напряжение на входе АЦП не превысит 2,5 В — половины напряжения питания, что вполне допустимо при часто используемом образцовом напряжении АЦП 2,56 В. Чувствительность к слабому освещению резистор R2 почти не уменьшает, так как сопротивление фототранзистора в этом случае значительно больше.

13. Ответ — 0. Поскольку в обоих случаях вывод базы фототранзисторов не используется (более того, он, как правило, отсутствует), фототранзисторы работают двухполюсниками — генераторами фототока. Поэтому при одинаковых изменениях освещённости одинаковых фототранзисторов приращения падения напряжение на одинаковых сопротивлениях нагрузки будут одинаковыми по абсолютной величине, хотя и разными по знаку. Последнее нужно иметь в виду при практическом использовании таких схем.

14. Ответ — 0. Суммарное падение напряжения на резисторах R1 и R3 при заданной (пороговой) освещённости фоторезистора тем больше, чем больше их суммарное сопротивление. Переменный резистор R3 регулирует это падение напряжения плавно, поскольку его номинальное сопротивление значительно меньше, чем у переменного резистора R1.

15. Ответ — 1. BPW77NA — один из довольно редко встречающихся фототранзисторов, имеющих вывод базы. Это позволяет при необходимости устанавливать его оптимальную рабочую точку. Если этого не требуется, вывод базы обычно соединяют с эмиттером через резистор R1. Если оставить этот вывод неприсоединённым, наводки на него могут помешать нормальной работе фототранзистора.

16. Ответ — 1. Фотодатчик BH1772GLC связывают с микроконтроллером цифровым интерфейсом I^2C (линии SDA и SCL), позволяющим как подавать датчику команды, изменяющие режимы его работы, так и принимать от него результаты работы измерителя освещённости и детектора приближения.

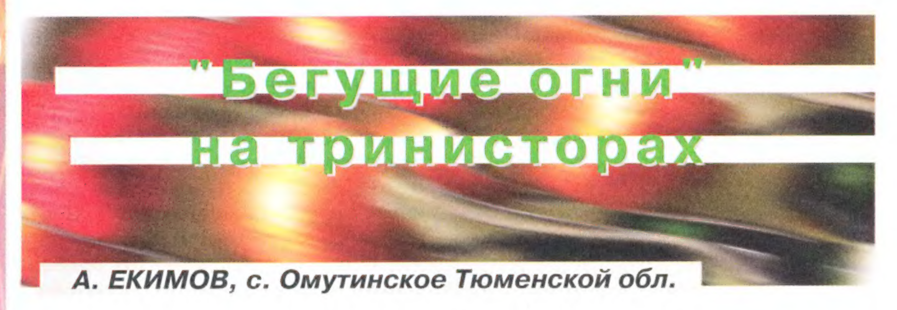
ЛИТЕРАТУРА

1. NORPS-12 CdS Photocell. — URL: **http://www.farnell.com/datasheets/409710.pdf** (02.06.2018).

2. KDT00030, KDT00030A Phototransistor Photo Detector. — URL: **http://www.onsemi.com/pub/Collateral/KDT00030-D.PDF** (02.06.2018).

3. BPW34, BPW34S Silicon PIN Photodiode. — URL: **https://www.vishay.com/docs/81521/bpw34.pdf** (02.06.2018).

4. TSOP321.., TSOP323.., TSOP325.., TSOP341.., TSOP343.., TSOP345.. IR Receiver Modules for Remote Control Systems. — URL: **https://www.vishay.com/docs/82490/tsop321.pdf** (02.06.2018).



"Бегущие огни" на тринисторах

А. ЕКИМОВ, с. Омутинское Тюменской обл.

Принцип работы предлагаемого автомата "бегущие огни" (**рис. 1**) основан на разности частот сети 230 В и встроенного управляющего импульсного генератора. Схема устройства показана на **рис. 2**. На транзисторах VT1 и VT2 собран мультивибратор, который и выполняет функции управляющего генератора. Его частоту можно изменять в небольшом диапазоне с помощью переменного резистора R3.

Питается устройство от источника переменного напряжения 15 В. При этом для питания мультивибратора переменное напряжение сначала выпрямляет диодный мост VD8—VD11. Выпрямленное напряжение через токоограничивающий резистор R6 поступает на сглаживающий конденсатор C5, напряжение на котором стабилизирует стабилитрон VD7. Переменное напряжение одновременно поступает на лампы накаливания EL1—EL4, а через соответствующие выпрямительные диоды VD1, VD3, VD4, VD6 — на аноды тринисторов. Открывающие импульсы на управляющие входы тринисторов VS1 и VS2 поступают поочерёдно с выходов мультивибратора — коллекторов транзисторов VT1 и VT2. В зависимости от того, какая полярность напряжения поступает на лампы накаливания, будет включена одна из них. При этом от разности фаз переменного напряжения и управляющих импульсов будет зависеть и яркость свечения лампы.

Например, открывающий импульс поступит на управляющий электрод тринистора VS1. Если при этом на лампу накаливания EL1 поступает минусовое напряжение, то его не пропустит диод VD1. Тогда плюсовое напряжение будет на лампе накаливания EL2. Оно пройдёт через диод VD3 на анод тринистора VS1, и он откроется, в результате включится лампа EL2. Затем открывающий импульс поступит на управляющий электрод тринистора VS2, а в это время плюсовое напряжение появится на лампе EL3, поэтому она включится. Изменяя частоту мультивибратора, можно изменять скорость переключения ламп и менять направление их переключения слева—направо (сверху—вниз) или справа—налево (снизу—вверх) в зависимости от их расположения.

Применены резисторы МЛТ, С2-23, оксидный конденсатор — К50-35 или импортный, остальные — керамические К10-17, КМ или плёночные серии К73, причём каждый из конденсаторов C2 и C3 составлен из двух ёмкостью по 0,1 мкФ. Диоды КД105Б можно заменить диодами 1N4007, диоды Д9Б — любыми диодами серий КД521, КД522, 1N400x и аналогичными. Стабилитрон можно применить любой средней мощности на напряжение 9...12 В, например, Д814В, 1N4739—1N4742, 1N5346B—1N5349B.

Для питания применён понижающий трансформатор мощностью несколько ватт, средний потребляемый устройством ток не превышает 200...300 мА, поскольку все лампы не могут светить одновременно. Лампы накаливания помещены в пластмассовые плафоны разного цвета: синий, жёлтый, красный и зелёный. Поскольку средний допустимый ток тиристора КУ101Е — 75 мА, а импульсный — 300 мА, рекомендуется применить лампы накаливания мощностью не более 1,2 Вт, например, КМ12-90 или Н06-1201. Но у автора установлены автомобильные лампы накаливания на напряжение 12 В и мощностью 3 Вт. При этом тринисторы нагреваются незначительно (примерно до 50 °С), отказов в работе устройства не было. Все элементы, кроме переменного резистора и ламп накаливания, можно смонтировать на макетной печатной плате с применением проводного монтажа.

Плата установлена в пластмассовый корпус подходящего размера, на передней панели которого установлен переменный резистор, а на задней — гнёзда для подключения ламп накаливания и питающего напряжения.

*От редакции. Демонстрационный ролик, иллюстрирующий работу устройства, находится по адресу **http://ftp.radio.ru/pub/2018/09/light.zip** на нашем FTP-сервере.*

Рис. 1

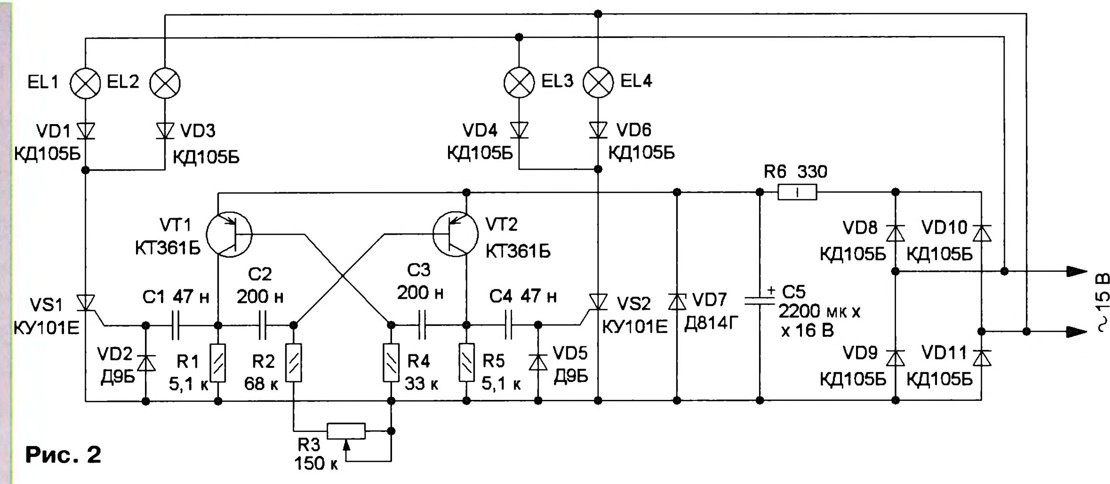
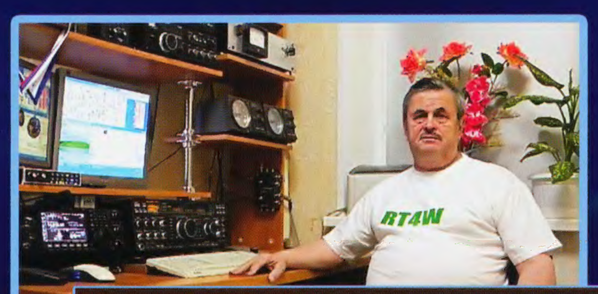


Рис. 2

"Старый Новый год 2018" — итоги

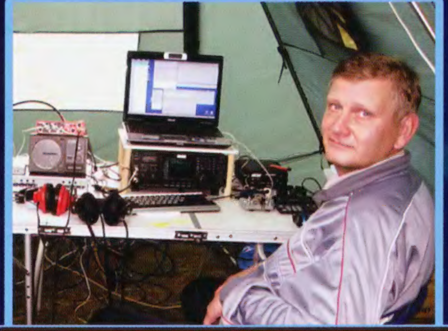
(см. статью на с. 52)



Михаил Булатов (RT4W) показал лучший результат в группе SINGLE-OP 50 LOW.



Юрий Котельников (RT9S) — победитель в группе SINGLE-OP 50 HIGH.



Игорь Зубков (RM2T) завоевал первое место в группе SINGLE-OP MIXED LOW.



Константин Малышев (RD9U) — лучший результат в группе SINGLE-OP SSB LOW.



Владимир Рябов (RA4LW) — слева и Василий Козеродов (RW4NW) из команды UA4M, занявшей первое место в группе MULTI-OP HIGH.



Победитель в группе SINGLE-OP SSB HIGH — Валерий Нестеров (RT9J).



Александр Новиков (R3LA) — первое место в группе SINGLE-OP MIXED HIGH.



Ивица Новак (9A1AA) показал лучший результат в группе SINGLE-OP CW LOW.

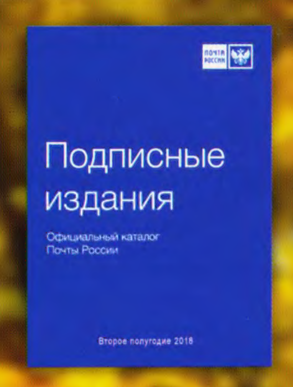
Продолжается подписка на журнал на второе полугодие 2018 года



Подписные индексы журнала по каталогам:

- Каталог Агентства РОСПЕЧАТЬ 70772;
- Официальный каталог Почты России П4014:
- Объединённый каталог "Пресса России" 89032;
- КАТАЛОГ РОССИЙСКОЙ ПРЕССЫ 61972









70772 **П4014** **61972** **89032**

Ссылки с QR-кодом ведут на странички каталогов онлайн-подписки






Цена одного номера журнала 2018 г. (с 7-го по 12-й номер) при покупке в редакции — 240 руб.

Стоимость полугодовой подписки с рассылкой из редакции (адресная рассылка) для индивидуальных подписчиков России — 1900 руб., для индивидуальных подписчиков из стран зарубежья — 2650 руб.

Стоимость для юридических лиц России — 2010 руб., для юридических лиц из стран зарубежья — 2750 руб.

Стоимость подписки с адресной рассылкой для жителей дальнего зарубежья на полугодие — 50 USD, на год — 100 USD.

В редакции можно приобрести журналы "Радио"

Год выпуска	Номер журнала	Стоимость одного номера в редакции	Стоимость одного номера с пересылкой	
			В Россию	В остальные страны
2013	1—12	50 руб.	110 руб.	240 руб.
2014	1—12	70 руб.	130 руб.	260 руб.
2015	1—12	90 руб.	150 руб.	280 руб.
2016	1—12	150 руб.	220 руб.	320 руб.
2017	1—6	185 руб.	255 руб.	355 руб.
2017	7—12	200 руб.	285 руб.	385 руб.
2018	1—6	220 руб.	310 руб.	415 руб.
2018	7—12	240 руб.	330 руб.	440 руб.

На бланке напишите, за какие журналы Вы переводите деньги и укажите свой точный адрес (с почтовым индексом). После того как деньги поступят на расчётный счёт, мы отправим Вам журналы. При переводе денег почтовым переводом может понадобиться почтовый индекс банка 101000. Наложенным платежом редакция журналы и наборы не высылает!